

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“ КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

Інженерно-хімічний факультет

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

**освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних, нафтопереробних
та целюлозно-паперових виробництв**

**на тему: Розроблення теплообмінника та апарату з мішалкою для
модернізації установки виробництва етиленгліколю**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
Я.М.Корнієнко

(підпис)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

на тему: Розроблення теплообмінника та апарату з мішалкою для модернізації установки виробництва етиленгліколю

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп

Крестошіна Ольга Павлівна

(підпис)

Керівник дисертації канд. техн. наук, ст. викл. Я. Г. Двойнос

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

(підпис)

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

(підпис)

технологія виготовлення конусного фланця муфти

приводу апарата з мішалкою

канд. техн. наук, ст. викл. Я. Г. Двойнос

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: магістр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Крестошій Олзі Павлівні

1. Тема проекту: Розроблення теплообмінника та апарату з мішалкою для модернізації установки виробництва етиленгліколю

Керівник проекту кандидат технічних наук, старший викладач Двойнос Я. Г.

Затверджена наказом по університету від “01” листопада 2019 р.

№3807-С

2. Термін подання студентом проекту: 01 грудня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: масова концентрація оксиду етилену у воді після змішувача $X_2=0,13$ масова продуктивність за етиленгліколем $L_p - 1,55$ кг/с; температура суміші оксиду етилену та води перед реактором 413 К. Підігрів суміші у теплообміннику насиченою водяною парою з температурою 420,5 К від температури 363 К до 413 К.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина розглянути існуючі конструкції теплообмінних апаратів та апаратів з мішалкою, схем виробництва етиленгліколю, обґрунтувати вибір конструкцій апаратів; проаналізувати обрані конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апаратів; виконати складальні креслення теплообмінника, трубного пучка, кришок, апарату з мішалкою, мішалки та корпусу;

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією апарату з мішалкою, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування апаратів змішування та теплообмінника; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення трубної решітки, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А1, кресленик складальний теплообмінника – А1, кресленик складальний трубного пучка – А2, кресленик складальний кришки №1 – А3, кресленик складальний кришки №2 – А3, кресленик складальний апарату з мішалкою – А1, кресленик складальний мішалки – А1, кресленик складальний корпусу апарату з мішалкою – А2, схема автоматичного керування – А1, кондуктор для свердління трубної решітки – А1, ілюстрація

технічної ідеї патенту – А2, математична модель та результати експериментів – 2хА1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І. М.		
Розроблення стартап проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення кришки підшипника вальців	Двойнос Я. Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А. Ю.		

7. Дата видачі завдання: 05 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. Виконано складальні креслення: випарного апарату – А0, сепаратора – А1.	01.09.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності нової машини.	15.09.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема установки. Вибір та опис випарного апарату, сепаратора. Технічна характеристика апаратів.	20.09.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунок товщини стінок апаратів.	10.10.2019	
5	Розробка складальних креслень апаратів та їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів.	19.10.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка супроводжуючих документів. Виконання схем.	05.11.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації, автоматизації процесу.	10.11.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікації	15.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформлення. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.11.2019	
10	Попередній захист проекту.	02.12.2019	

1	2	3	4
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відгуку. Підготовка до захисту.	09.12.2019	

Студент
(підпис)

_____ О. П. Крестошіна

Керівник дипломного проекту
(підпис)

_____ Я. Г. Двойнос

РЕФЕРАТ

УДК 634.0.861

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» на тему «Розроблення теплообмінника та апарату з мішалкою для модернізації установки виробництва етиленгліколю» / НТУУ «КПІ»; Керівник Я.Г. Двойнос. – К., 2019. – 246 с. : іл. – Викон. О.П. Крестошина. – Бібліогр.: с. 176.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 48 найменувань. Загальний обсяг становить 176 сторінок основного тексту, 38 рисунків, 18 таблиць.

Мета проекту – проектування апарату з мішалкою та теплообмінника для виробництва етиленгліколю.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типу апарата з мішалкою та теплообмінника і їх місце в технологічній схемі, технічну характеристику апаратів, обґрунтування вибору конструкцій апаратів, що проектуються і принцип дії їх основних складових одиниць та деталей, порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами, патентне дослідження конструкцій апаратів. Наведено заходи, щодо охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та визначено очікувані техніко – економічні показники від впровадження модернізації. Поведена модернізація, підвищилась ефективність конструкції, збільшився строк експлуатації. Зазначена модернізація може бути рекомендована для впровадження у виробництво. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено автоматичну схему керування процесом.

ТЕПЛОНОСІЙ, ВОДА, АПАРАТ З МІШАЛКОЮ, ТЕПЛООБМІННИК,
ЕТИЛЕНГЛІКОЛЬ, ПОВЕРХНЯ ТЕПЛООБМІНУ, КОЕФІЦІЄНТ
СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ.

РЕФЕРАТ

УДК 634.0.861

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «Магистр» на тему «Разработка теплообменника и аппарата с мешалкой для модернизации установки производства этиленгликоля» / НТУУ «КПИ» Руководитель Я. Двойнос. - М., 2019. - 246 с.: Ил. - Викон. А.П. Крестошина. - Библиогр. : с. 183.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок из 48 наименований. Общий объем составляет 176 страниц основного текста, 38 рисунков, 18 таблиц.

Цель проекта - проектирование аппарата с мешалкой и теплообменника для производства этиленгликоля.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа аппарата с мешалкой и теплообменника и их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций аппаратов, проектируемых и принцип действия их основных составляющих единиц и деталей, сравнение основных показателей разработанных конструкций аппаратов с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов. Приведены мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и определены ожидаемые технико - экономические показатели от внедрения модернизации. Поведенная модернизация, повысилась эффективность конструкции, увеличился срок эксплуатации. Указанная модернизация может быть рекомендована для внедрения в производство. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработан автоматическую схему управления процессом.

ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ, ВОДА, АППАРАТ С МЕШАЛКОЙ, ТЕПЛООБМЕННИКОВ, ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ, ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА, КОЭФФИЦИЕНТ СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УНИФИКАЦИЯ.

ABSTRACT

UDC 634.0.861

The master's degree project on the theme "Development of heat exchanger and apparatus with stirrer for modernization of ethylene glycol production plant" / / Igor Sikorsky KPI; The thesis supervisor is Y. H.Dvoynos. – K., 2019. – 200p. –The developer is O. P. Krestoshina. – Bibliogr.: p.133.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of links of 38 titles. The total volume is 176 pages of the main text, 48 figures, 18 tables.

The purpose of the project is to design an apparatus with a stirrer and a heat exchanger for the production of ethylene glycol.

The note contains a description of the technological process, the choice of type of apparatus with a stirrer and heat exchanger and their place in the technological scheme, the technical characteristics of the devices, the justification of the choice of the designed devices` construction and the principle of their basic components and parts, comparison of the main indicators of the developed structures of the devices with analogue, the patent study of the apparatus design. Measures on safety, installation and operation recommendations are given. The plant was modernized and the expected technical and economic indicators from the modernization implementation were determined. Modernization was conducted, construction efficiency and service life were increased. Provided modernization may be recommended for implementation in production. The level of standardization and unification has been determined. An automatic process control scheme has been developed.

HEAT, WATER, MIXER, HEAT EXCHANGE, ETHYLENGOLIC, HEAT EXCHANGE, STANDARDIZATION AND UNIFICATION COFFEE.

Зміст

Перлік умовних позначень та термінів.....	12
Вступ.....	13
1. Призначення та область використання ректифікаційного відділення для одержування етиленгліколю.....	15
1.1 Опис технологічного процесу ректифікації етиленгліколю.....	15
1.2 Вибір типу апаратів та їх місце в технологічній схемі.....	16
2. Технічні характеристики основних апаратів установки.....	18
3. Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів.....	20
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей.....	20
3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами.....	22
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів.....	24
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки.....	25
4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність Конструкцій.....	37
4.1. Параметричний розрахунок апарата з мішалкою.....	37
4.2 Розрахунок вала апарата з мішалкою.....	47
4.3 Розрахунок вала апарата з мішалкою на вібростійкість.....	49
4.4 Розрахунок вала апарата з мішалкою на жорсткість.....	53
4.5 Розрахунок вала апарата з мішалкою на міцність.....	58
4.6 Розрахунок опор апарата з мішалкою.....	61
4.7 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій.....	64
4.8 Розрахунок теплообмінника.....	64
4.9 Розрахунок діаметра штуцерів.....	70
4.10 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього надлишкового тиску.....	72
4.11 Розрахунок укріплення отворів.....	73
4.12 Розрахунок еліптичної кришки під дією внутрішнього	

надлишкового тиску.....	74
4.13 Розрахунок кожуха і труб апарата на міцність та стійкість.....	76
4.14 Розрахунок трубної решітки.....	79
4.14 Розрахунок товщини теплової ізоляції.....	81
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	84
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації.....	92
7 Рівень стандартизації та уніфікації.....	94
8 Розроблення стартап-проекту.....	96
8.1 Опис ідеї проекту.....	96
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	98
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	98
8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту.....	107
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	109
8.6 Висновки до розділу.....	112
Висновки.....	114
Выводы.....	116
Conclusions	118
Список посилань.....	120
Додаток А.....	125
Додаток Б.....	140
Додаток В.....	151
Додаток Г.....	160
Додаток Д.....	165
Додаток Е.....	176

Перелік умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

F – площа теплообміну, м^2 ;

P, p – тиск, МПа;

b – ширина, м;

H, h – висота, м;

C – прибавка до розрахункової товщини, м;

D, d – діаметри, м;

m – маса, кг;

N – потужність, Вт;

Gp – продуктивністю, кг/с;

T, t – температура, К;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої поверхні труби, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі до зовнішньої поверхні труби, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

φ – коефіцієнт міцності зварних швів;

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Ar – критерій Архімеда;

Pr – критерій Прандтля.

					ЛН81мп.061512.001	

Вступ

Етиленгліколь – двоатомний спирт для високоякісних антифризів, найпростіший представник поліолів. У очищеному вигляді це прозора масляниста консистенція. Вона використовується в багатьох галузях промисловості, як компонент автомобільних антифризів і гальмівних рідин, як компонент крему для взуття, при виробництві конденсаторів, у виробництві целофану, поліуретанів і ряду інших полімерів, та різних синтезів.

В промисловості виготовляється етиленгліколь, діетиленгліколь та триетиленгліколь.

Низька собівартість даного багатоатомного спирту, його особливі хімічні та фізичні властивості (густина та інші) стали вирішальними факторами в його широкому використанні в різних технічних сферах, в автомобілебудуванні, як антифриз, гальмівна рідина, та в якості доброго теплоносія. Друга основна область застосування етиленгліколю є виготовлення полімерів: целофан, поліуретан, а також він використовується в виробництві нітрогліколя – потужної вибухової речовини. Ставиться завдання покращити якісні показники етиленгліколю та підвищити ефективність переробки. В умовах сучасної ринкової економіки, необхідно постійно підтримувати випуск продукції на найвищому рівні, тому розробка устаткування для виробництва цієї органічної сполуки, що відповідає сучасним вимогам, є актуальною і важливою задачею.

Метою даної роботи є розробка апарату з мішалкою.

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити перемішуючий пристрій апарату з метою досягнення необхідних концентрацій у вихідній суміші, розрахунку габаритних розмірів та необхідної площі контакту фаз.

Для досягнення цієї мети, поставлено такі задачі:

– на основі аналізу патентних документів здійснити вибір найприйнятнішої конструкції апаратів та їх контактних елементів;

					ЛН81мп.061512.001	

– здійснити технологічні розрахунки для визначення конструктивних розмірів апаратів;

– здійснити гідравлічні розрахунки;

– здійснити розрахунки на міцність і жорсткість основних елементів;

– дати рекомендації щодо виготовлення, монтажу та експлуатації;

– визначити рівень стандартизації та уніфікації.

Апарат розміщується у закритому приміщенні, отже на нього не діють вітрові навантаження.

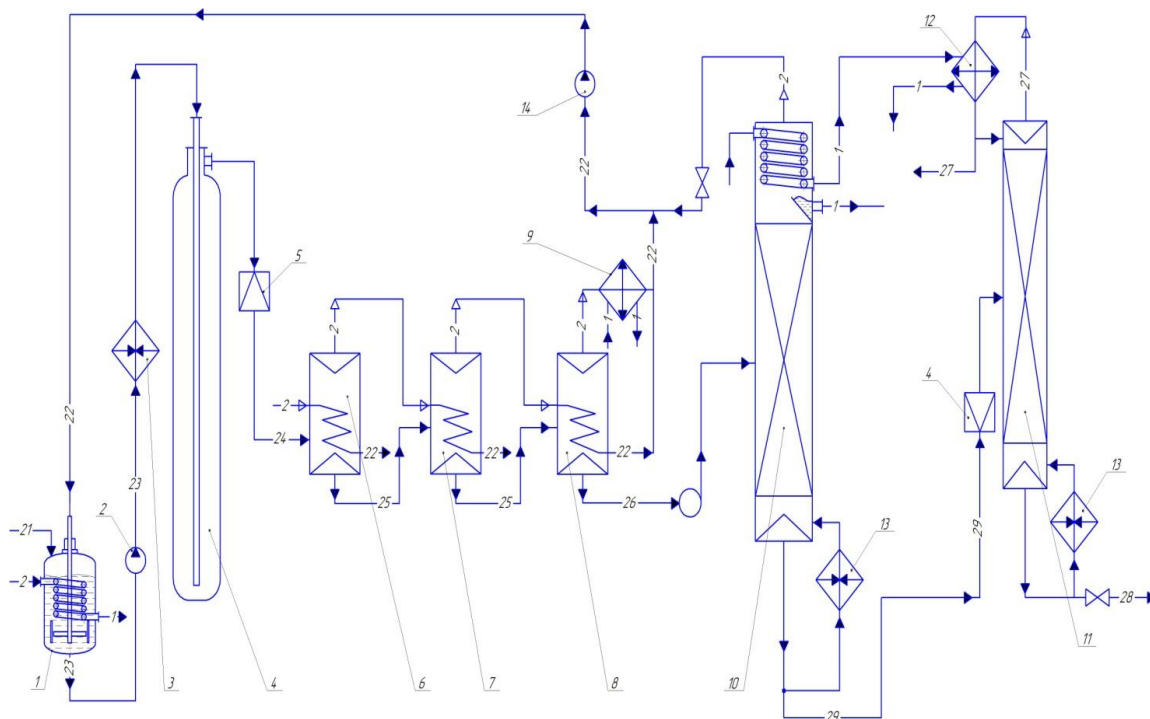
Завдання на проектування видано 3 вересня 2019 року.

					ЛН81мп.061512.001	

1. Призначення та область використання ректифікаційного відділення для одержування етиленгліколю

1.1 Опис технологічного процесу ректифікації етиленгліколю

Технологічна схема отримання етиленгліколю зображено на рисунку 1.1.[1]



1 – змішувач; 2 – насос дозатор; 3 – паровий підігрівач; 4 – реактор адіабатичного типу; 5 – пристрій дроселювання; 6, 7, 8 – випарні апарати; 9 – конденсатор; 10 – ректифікаційна колона; 11 – вакуумна ректифікаційна колона; 12 – дефлегматор; 13 – парогенератор; 14 – насос.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема отримання етиленгліколю гідратацією окису етилену

Суміш етиленоксиду подають під тиском в змішувач 1, а потім вона переходить в насос дозатор 2. Там суміш нагрівається до 130-150°C і надходить в реактор 4, попередньо нагріваючись в паровому нагрівачі 3. Спочатку суміш проходить по центральній трубі апарата і додатково підігрівається горячою реакційною масою, яка знаходиться в об'ємі реактора, де утворюється продукт на виході з реактора рідину, нагріту до 200°C, дроселюють 5 до атмосферного тиску, при цьому частина води випаровується, а рідина охолоджується до 105-110°C.

Першою сходинкою багатокорпусної випарної установки є апарат 6, який працює при надлишковому тиску, наступні апарати 7 та 8, обігріваються вторинно ю парою, яка утворюється в першому корпусі. Для забезпечення упарювання розчину, в наступних корпусах при збільшенні концентрації, необхідно забезпечити зменшення тиску по корпусах, тому апарати 7 та 8 працюють під розрідженням (13 3 Па).

Кубовий залишок, що утворюється на останній сходинці процесу упарювання направляють на ректифікацію до колони 9 при цьому всі водневі конденсати об'єднують і повертають на виготовлення первинної суміші та потім на реакцію.

Чистий етилен гліколь отримують у вакуумній колоні 10, шляхом ректифікації розчину отриманого в колоні 9. Кубовий залишок містить суміш ді- та три-етиленгліколю, які направляють на додаткові установки розділення.

1.2 Вибір типу апаратів та їх місце в технологічній схемі

Апарат з мішалкою. В технологічній схемі виробництва етиленгліколю даний апарат знаходиться під позицією 1.

В процесі виробництва етиленгліколю головну роль відіграє апарат в якому саме відбувається продукування спирту мікроорганізмами – апарат з мішалкою. Виходячи з вимог до оптимального розвитку мікрорганізмів: температура, кількість кисню, рН, було обрано циліндричний апарат з мішалкою з конічним днищем, кришкою, приводом разом із валом з отвором всередині для подачі необхідної кількості окису етилену та додатковими пристроями, а також з змійовиком для підтримання сталої температури в середині. Таким чином, описаний вище апарат з мішалкою повністю задовільняє поставлені вимоги та забезпечує оптимальні умови проведення процесу перемішування.

Теплообмінник. В технологічній схемі виробництва етиленгліколю даний апарат 12 знаходиться перед вакуумною ректифікаційною колоною 11.

Для того, щоб перетворити етилен високої концентрації у етиленгліколь потрібен процес охолодження. Основною задачею є вибір принципової конструкції теплообмінника, яка б забезпечувала найкращі умови протікання процесів у ньому,

					ЛН81мп.061512.001	

будучи водночас простою та компактною.

Існує дуже багато видів теплообмінників, які використовуються для охолодження розчину. Для установки виробництва спирту доречно використовувати теплообмінник першого ступеня, для забезпечення охолодження суміші.

Вибрано теплообмінник першого ступеня, для забезпечення рівномірного охолодження етилену високої концентрації.

Теплообмінник являє собою циліндричну горизонтально розташовану посудину, з еліптичним днищем.

У теплообміннику охолодження відбувається за допомогою води. Даний апарат складається з циліндричної посудини з двома еліптичними днищами. Маса неперервно поступає в нього через штуцер, а вода через інший штуцер. Розріджений і частково охолоджений етилен високої концентрації відкачується насосом через нижній штуцер.

					ЛН81мп.061512.001	

2 Технічні характеристики основних апаратів установки

Технічна характеристика апарата з мішалкою наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика апарата з мішалкою

Параметри, розміри	Розмірність	Значення
Продуктивність	т/год	1,55
Тиск в апараті	МПа	0,6
Температура реакції	°C	18
Температура води в змійовику (початкова)	°C	20
Температура води в змійовику (кінцева)	°C	10
Діаметр апарата	м	1,8
Висота апарата	м	2,295
Об'єм апарата	м ³	5,23
Товщина стінок апарата	мм	3
Витрати охолоджуючого теплоносія	кг/с	1,55
Поверхня охолодження змійовика	м ²	6,122
Довжина труб змійовика	м	26,79

Технічну характеристику теплообмінника наведено у таблиці 2.2.

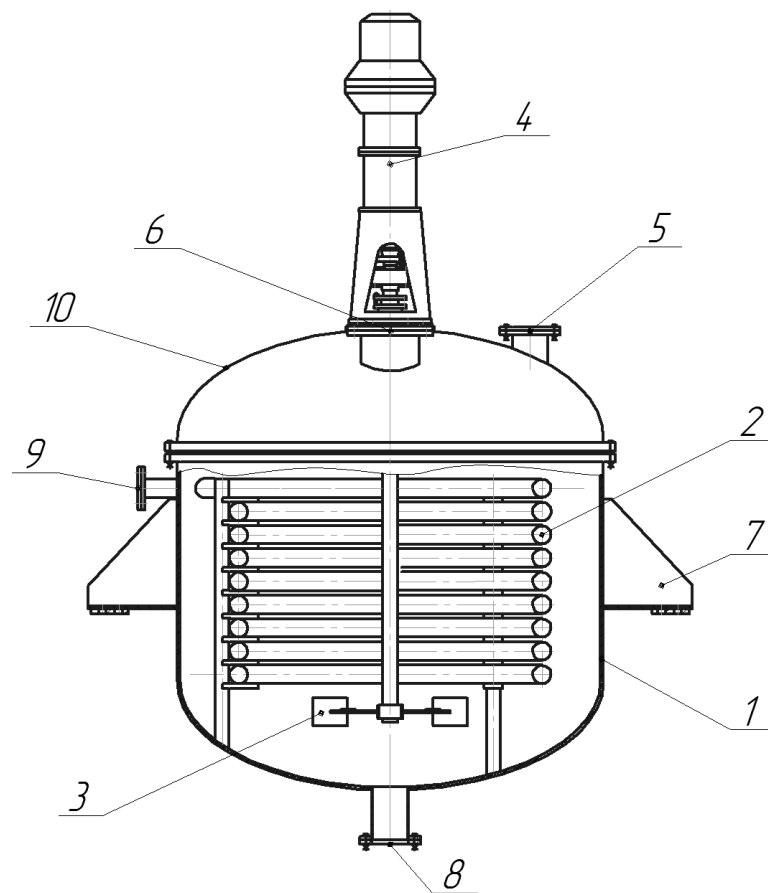
Таблиця 2.2 – Технічна характеристика теплообмінника

Параметри	Одиниці виміру	Значення
Витрата етиленгліколю, G1	кг/с	1,55
Тиск в трубному просторі, p	МПа	0,3
Тиск в міжтрубному просторі, p	МПа	0,1
Температура парів етиленгліколю, T ₁	К(°C)	420(147)
Початкова температура води, T ₂	К(°C)	413(140)
Кінцева температура води, T ₃	К(°C)	363(90).
Діаметр апарату, D	м	0,6
Товщина стінок апарату, s	мм	6
Загальна поверхня теплообміну, F	м ²	31
Загальна кількість труб, n	шт	204
Зовнішній діаметр труб, d _{зовн}	мм	25
Внутрішній діаметр труб, d _{вн}	мм	21

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

Апарат з мішалкою, схема якого представлена на рисунку 3.1, призначений для перемішування. Основною задачею є вибір принципової конструкції апарату з мішалкою, яка б забезпечувала найкращі умови протікання процесів у ньому, будучи водночас простою та компактною.



1 – корпус; 2 – змієвик; 3 – мішалка; 4 – редуктор; 5 – штуцер подачі етиленгліколю; 6 – штуцер подачі води; 7 – опора; 8 – штуцер вивантажувальний; 9 – штуцер для води; 10 – еліптична кришка

Рисунок 3.1 – Апарат з мішалкою

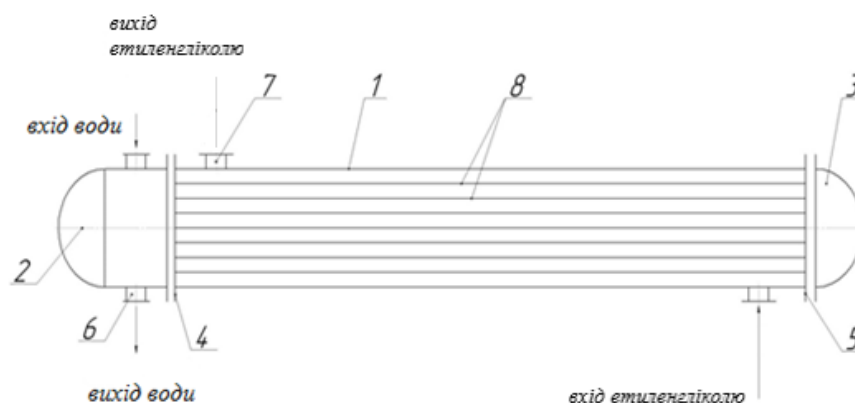
Даний апарат складається з циліндричного корпусу 1 з еліптичною кришкою 10, змієвика для підтримання заданої температури процесу 2, мішалки 3, яка приводиться в дію редуктором 4 від двигуна. Маса неперервно

					ЛН81мп.061512.001	

поступає в нього через штуцер 6, а етиленгліколь через штуцер 5. Охолоджуючий агент подається в змійовик через штуцер 9. Розріджений і частково охолоджений затор відкачується насосом через нижній штуцер 8. Апарат кріпиться за рахунок встановлених на ньому опор 7.

Конструкція і принцип дії теплообмінника, основних складальних одиниць та деталей

Теплообмінник, конструкція якого зображена на рисунку 3.1, використовується для охолодження етиленгліколю, в якості холодоагенту використовується вода. Теплообмінний апарат має такий склад: циліндрична обичайка 1, до якого з двох сторін кріпляться трубні решітки 4 і 5. В трубних решітках щільно закріплено пучок труб 8. До кожуха за допомогою фланців приєднані болтами кришки 2 і 3 (камери). Ущільнення створюється прокладками.



1 – циліндрична обичайка; 2, 3 – розподільча камера; 4, 5 – трубна плита;
6, 7 – штуцери; 8 – труби.

Рисунок 3.2– Конструктивна схема теплообмінника

Для вводу та виводу теплоносіїв до кожуха і кришок приварені патрубки 6 і 7. Щільність з'єднання труб з трубною решіткою забезпечується розвальцовкою.

Конструктивними вимогами що ставляться до теплообмінного обладнання є: мінімальний гідравлічний опір апарата при забезпеченні максимального коефіцієнту теплопередачі; мінімальні геометричні розміри при забезпеченні

					ЛН81мп.061512.001	

максимальної продуктивності; простота у виготовленні та експлуатації; ремонтпридатність; герметичність та надійність.

3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами

Апарат з перемішуючим пристроєм.

За порівняльною характеристикою даний апарат з мішалкою відрізняється від інших конструкцій. В нього проста конструкція та встановлено перемішуючий пристрій для інтенсифікації процесу. Також встановлено змішувик для підтримання заданого температурного режиму.

Найбільш поширена мішалка – це вертикальний апарат з циліндричним корпусом та мішалкою в середині. Його перевага - простота конструкції та експлуатації.

Порівняльна характеристика розроблюваного апарата з перемішуючим пристроєм з його найближчими аналогами наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика апарата з мішалкою

Основні технологічні показники	Апарат з мішалкою	Апарат з плоским днищем та кришкою	Апарат з еліптичним днищем та кришкою	Апарат з лопатевим перемішуючим пристроєм	Апарат з якірною мішалкою	Апарат з дисковою мішалкою
Продуктивність апарата, м ³ /год (бали)	1,55, (5)	1,55, (5)	1,55, (5)	1,55 (5)	1,55,0(4)	1,55(5)
Об'єм апарата, м ³ (бали)	5,23, (5)	5,2, (5)	4,5, (4)	4,5(4)	4,5(4)	4,5(4)
Потужність на валу мішалки, кВт (бали)	3,03 (5)	3,0(4)	3,0 (4)	3,0(4)	3,0(4)	3,0(4)
Конструктивні розміри (бали)	5,0x2,5, (5)	5x3,2, (5)	5,5x2,5, (4)	5x3,2, (4)	5x3,2, (4)	5x3,2, (4)
Сума балів	20	19	17	17	16	17

					ЛН81мп.061512.001		

Розроблюваний апарат набрав більшу кількість балів тому його використання у проекті є більш доцільним.

Теплообмінник.

За конструкцією запропонований теплообмінник відрізняється від пластинчастого теплообмінника та теплообмінника труба в трубі. По-перше він має більш просту конструкцію ніж пластинчастий теплообмінник та теплообмінник труба в трубі, по друге має відносно менший гідравлічний опір у порівнянні з аналогами, по третє він має більш жорстку конструкцію за рахунок відсутності лінзового компенсатора та за рахунок жорсткого кріплення трубної решітки.

Дані теплообмінники можуть бути використані в газовій, нафтохімічній, промисловій і інших галузях для нагрівання та охолодження рідких і газоподібних середовищ. Обраний тип відноситься до найбільш застосованих поверхневих апаратів. Простота конструкції, невелика собівартість, ремонтпридатність, легкість експлуатації – важливі фактори, що впливають на зроблений вибір.

Порівняльна характеристика розроблюваного теплообмінника з його найближчими аналогами наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика теплообмінного апарату

Основні технологічні показники	Двох ходовий теплообмінний апарат	Пластинчастий теплообмінник	Теплообмінник труба в трубі	Кожухотрубний теплообмінник	Теплообмінник з плаваючою голівкою	Теплообмінник з U подібними трубами
Масова продуктивність, кг/с, (бали)	1,55, (5)	1,55, (5)	1,55, (5)	1,55(5)	1,55(5)	1,55(5)
Температура етиленгліколю, К початковакінцева (бали)	420 420 (5)	420 420 (5)	420 420 (5)	420 420 (5)	420 420 (5)	420 420 (5)
Поверхня теплообміну, м ² , (бали)	16,0 (5)	16,0 (5)	16, 0(5)	15(4)	15(4)	15(4)
Конструктивні розміри	2,35x0,8, (5)	2,4x0,88, (4)	2,4x0,88, (4)	2,4x0,88, (4)	2,4x0,88, (4)	2,4x0,88, (4)
Сума балів	20	19	19	18	18	18

					ЛН81мп.061512.001		

Розроблюваний апарат набрав більшу кількість балів тому його використання у проекті є більш доцільним.

Висновок: виконавши порівняння з аналогами ми переконуємось що даний апарат з мішалкою так теплообмінник є найкращими по обраним критеріям.

3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

При виборі основних конструкційних матеріалів перевага надається високовуглецевим високолегованим сталям (корозійностійким, жаростійким та міцним). Етиловий спирт та вода є корозійно – активною речовиною, тому всі складальні одиниці та деталі, які безпосередньо контактують з етиловим спиртом (розподільчі камери, днища трубні решітки, пучки труб обичайки корпусів конденсатора) виготовляємо з корозійностійкої нержавіючої сталі 12X18H10T [2] (сталі високолеговані і сплави корозійностійкі, жаростійкі).

Листовий прокат з цієї сталі не має обмежень щодо тиску та рекомендовано використовувати[3]:

- у межах температур від 469 К до + 873 К;- для виготовлення елементів апаратів харчової промисловості та хімічного машинобудування.

Для виготовлення деталей, що не контактують з розчином використовують більш дешевий матеріал марки Стс 3 сп [4]. Шайби виготовляються із сталі Ст3 [4]; межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 380 МПа.

Оскільки робоча температура в апаратах не висока, матеріалом прокладок обирається ПОН-1А; прокладки такого типу використовується при температурі 200 до +400 °С та умовному тиску, який не перевищує 2,5 МПа.

Опори апаратів виготовляємо з низьколегованої сталі 16ГС [2], що має діапазон експлуатації від 233 К до плюс 748 К [3].

3. 4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

Конструкції апаратів з перемішуючим пристроєм.

					ЛН81мп.061512.001	

Перемішувачий пристрій [5].

Схема даного апарата зображена на риунку 3.4. Корисна модель розкриває порожнисті мішалки трубчастого типу, включаючи циліндр, дві сторони дна корпусу циліндра нерухомо з'єднані з опорною ніжною, самовсмоктуючий пристрій, що змішується, нерухомо з'єднаний у верхній частині стінки циліндра на борту, самовсмоктуючий пристрій для перемішування включає приводний двигун, дно перемішуваного порожнистого валу нерухомо з'єднано з перемішувальною сіткою, а протилежну сторону двох бічних стінок перемішуваного порожнистого вала нерухомо з'єднано з внутрішнім порожнистим перемішуючим веслом, а верхня поверхня повітряного стрільця пропонує випуск газу .Корисна модель, яка використовується разом для структури залежностей, порожниста мішалка вирішується при перемішуванні, при введенні дна рівня рідини за допомогою ультразвуку, перемішуючий лопаткою дна мішалки важко ретельно змішати газ дна з рідким газом, а газ легко утворює адгезію бульбашок у бічній стінці блендера при вмісті рідини, досить важко реагувати на газ бічної стінки з рідиною викликають ефект перемішування небажаний, таким чином, проблема впливу ефекту реакції, відходів сировини.

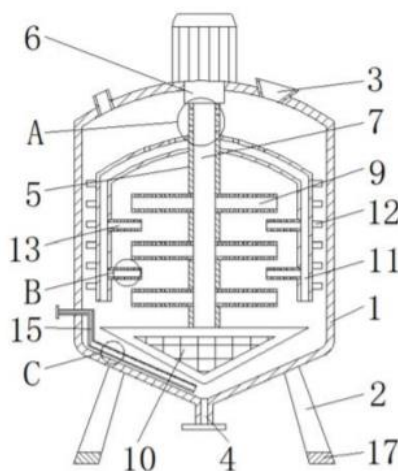


Рисунок 3.3 – Порожниста мішалка трубчастого типу

Винахід забезпечує інтенсифікацію процесів перемішування рідин різної в'язкості.

Переваги:

1) збільшення інтенсифікації масо- і теплообмінних процесів;

					ЛН81мп.061512.001	

2) можливість регулювання температури.

Недоліки:

- 1) велика кількість деталей;
- 2) складна конструкція апарату;
- 3) висока вартість апарату за рахунок оригінальності деталей.

Апарат з механічним перемішуючим пристроєм [6].

Схема даного апарату зображена на рисунку 3.5. Своєрідна мішалка для корисної моделі пов'язана з полем пристрою для атмосферного збудження, більш конкретно з типом мішалки, включаючи корпус резервуара і вал для перемішування, верхню частину корпусу резервуара з'єднано з верхньою кришкою великим фланцем, а один кінець валу, що перемішується, з'єднаний з двигуном, що перемішується, а другий кінець проходить через верхню кришку і виступає в корпус резервуара. Структура корисної моделі проста, він простий у використанні, він більший, ніж діаметр лопатки для перемішування, близький до верхньої кришки, використовуючи діаметр перемішувальної лопатки далеко від верхньої кришки, на внутрішній стінці в середній частині корпусу резервуара для кооперації передбачено кілька смугових дефлекторів, кут дефлектор між площиною та дефлектором та секцією стику корпусу резервуара становить 25-35 градусів, так що матеріал легко піднімається до вершини резервуара мішалки вздовж перемішування верхньої конструкції бака. Під час процесу дефлектора одночасно збільшується ефект турбулентного потоку матеріалу, завдяки чому перемішування матеріалу стає більш яскравим, використовуючи з'єднання з евакуйованою трубкою на відокремлювальній трубці, запасній трубці та нагнітальній насадці, реалізують скидання матеріалу.

Переваги:

- 1) просто конструкція;
- 2) більш ефективне перемішування.

Недоліки апарату:

- 1) великі витрати енергії;
- 2) великі габарити.

					ЛН81мп.061512.001	

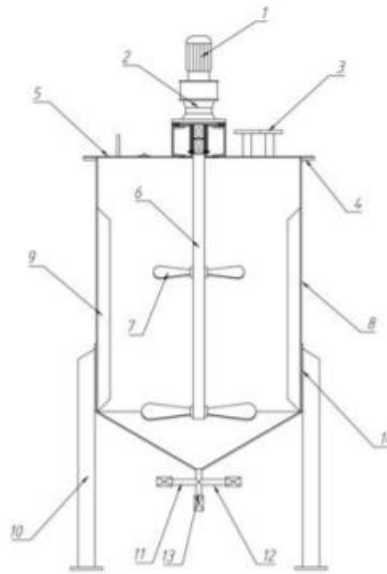


Рисунок 3.4 – Своєрідний бак з мішалкою

Застосування запропонованої корисної моделі дозволяє забезпечити збільшення ефективності перемішування та зменшення розмірів "застійних зон".

Мішалка для перемішування рідкого середовища [7].

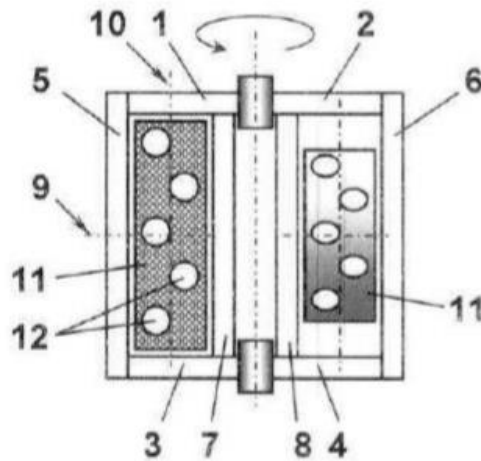
У патенті [7] (рисунок 3.6) описується пристрій для перемішування рідини що містить горизонтальні 1-4, та вертикальні 5-8 лопаті. Між лопатями встановлений листовий елемент 11 з можливістю регулювання відносно вертикальної та горизонтальної осей. Листовий елемент виконано перфорованим, для забезпечення можливості проходу розчину рідкого середовища.

Переваги:

- 1) проста конструкція у виготовленні;
- 2) більш інтенсивне та ефективне перемішування.

Недоліки апарату:

- 1) підходить тільки для рідких середовищ;
- 2) у разі використання її для перемішування суспензій, на регулювальних елементах утвориться осад, який унеможливить позиціонування перфорованого листового елемента.



1–4 – горизонтальні лопаті; 5–8 – вертикальні плоскі лопаті;
9 – горизонтальна вісь; 10 – вертикальна вісь; 11 – листовий елемент;
12 – перфорація.

Рисунок 3.5 – Мішалка для перемішування рідкого середовища

Реактор [8].

Схема даного апарата представлена на рисунку 3.7. Реактор складається з корпусу реактора, що має довжину приблизно в двічі більшу за діаметр. В середині реактора знаходиться мішалка, що містить безліч лопатей, жорстко прикріплених до вала, що обертається за допомогою двигуна. Лопатки розміщені на валу по всій довжині. Мішалка обертається зі швидкістю, достатньою для сприяння завихрення рідини. Апарат має штуцери для входу та виходу продукту.

Переваги апарата:

- 1) зручність експлуатації;
- 2) низька металоємність;
- 3) інтенсивне перемішування.

Недоліки апарата:

- 1) великі затрати енергії на перемішування;
- 2) малі геометричні розміри, що робить цей апарат придатним для роботи лише на невеликих підприємствах.

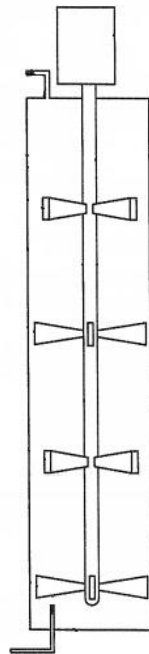


Рисунок 3.6 – Реактор

Реактор з мішалкою [9].

Схема даного апарата представлена на рисунку 3.8.

Винахід відноситься до реакторів з мішалкою. Перемішування відбувається за рахунок відцентрової сили. Реактор з мішалкою містить корпус, який зверху має штуцери для подачі продукту, кришку, з'єднану з верхньою частиною корпусу і перемішуючий блок, що включає в себе підтримуючий елемент, розташований в верхній частині апарата, та перемішуючий елемент, що кріпиться за рахунок підтримуючого елементу. Мішалка приводиться в рух за рахунок приводу, який обертає вал.

Переваги апарата:

- 1) простота конструкції;
- 2) невисока металоємність;
- 3) зручність очистки.

Недоліки апарата:

- 1) невисока інтенсивність перемішування;
- 2) неможливість регулювання температури процесу;

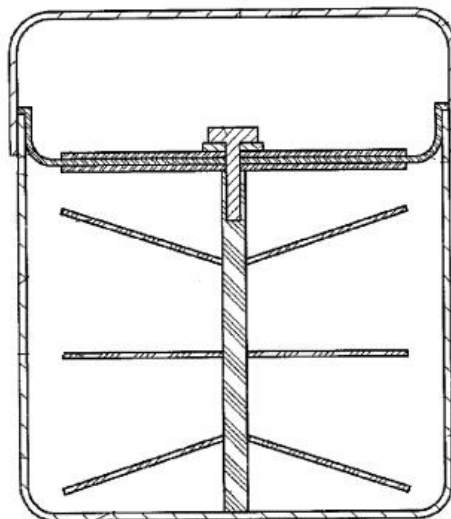


Рисунок 3.7 – Реактор з мішалкою

Конструкції теплообмінників.

Шестигранний теплообмінник із прудним плитом інтегральної форми [10].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.8.

Корисна модель розкриває різновид шести теплообмінників пластинчастого сталевому енергозабезпечення інтегрованої форми, включаючи тілообмінний теплообмінний корпус для проведення гарячої передачі, трубу водообмінного теплообмінника, дорогу водонагрівального трубопроводу для охолоджувального холодильного трубопроводу охолодження теплообмінної води труба і для нагріву води теплообмінник трубопровідна труба обладнана в ремінному теплообмінному корпусі, трубопровід охолодження теплоносія та дорога водонагрівального трубопроводу розташовані з двох сторін на дорозі водяного теплообмінника. Використовуючи вищевказану структуру, водний шлях можна нагріти використовуючи охолоджуючу рідину для охолоджуючої рідини, охолоджуючу рідину та модуль екіпажу, і теплову батарею теплоносія акумуляторної рідини, більше не потрібно, щоб опалювальний прилад опалювальної батареї окремо забезпечувався, удосконалював інтегровану систему енергоуправління автомобілем нового енергоносія.

Переваги апарата:

1) висока продуктивність;

					ЛН81мп.061512.001	

- 2) інтенсифікація теплообміну;
- 3) простота конструкції апарата.

Недоліки апарата:

- 1) висока металоємкість;
- 2) збільшення енеговитрат на подачу рідини;
- 3) складність виготовлення трубок.

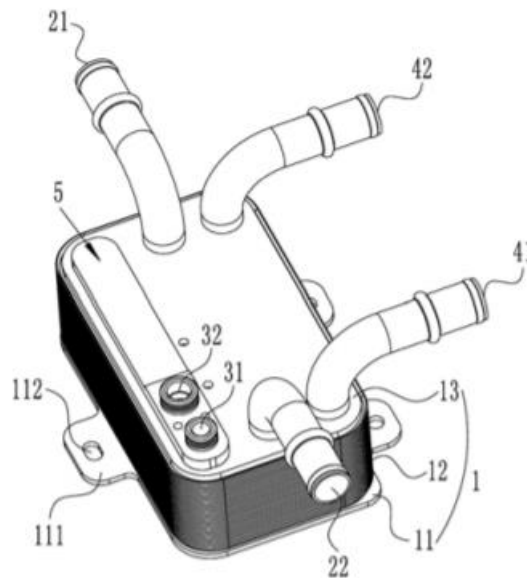


Рисунок 3.8 – Шестигранний теплообмінник із прудним плитом інтегральної форми

Своєрідний теплообмінник трьох середніх трубок [11].

Корисна модель пов'язана з різновидом трьох середніх трубок крилових теплообмінників, вона характеризується тим, що: Включаючи першу вхідну трубу, U-трубу, перший заголовок, перший еферентний канал, головку еліпса, оболонку, другий вхід труба, другий заголовок, другий еферентний канал, перегородка, трубка для теплообмінника, плавник, круговий отвір, сферичний теплообмінник плавник, канавка. Медіум один надходить з першої вхідної труби, через перший заголовок, трубу теплообмінника, другий заголовок, U-трубка, нарешті, витікає з першого еферентного каналу, S-подібна трубка, що протікає в тій же колонці поперечної труби теплообмінної трубки та омонімічний поздовжній напрямом заголовка середнього. Середня два входить в теплообмінник другою вхідною трубою, нарешті витікає з другого еферентного каналу, і рідка форма однакова як

середня, і дві тече через розподіл між каналами ; Протікає в корпусі середнього три протікає між теплообмінником плавника. Три середовища структура крила теплообмінника корисної моделі є компактною, може бути здійснено високоефективний обмін теплом між трьома видами носіїв, а обладнання менш масштабне, легко очищається, розумне за структурою, а виготовлення просте, застосовується широко.

Переваги апарата:

- 1) інтенсифікація теплообміну;
- 2) вирівнювання температури на вході в апарат;
- 3) ремонтно-експлуатаційні властивості.

Недоліки апарата:

- 1) відносна складність конструкції;
- 2) додатковий гідравлічний опір;
- 3) складність виготовлення.

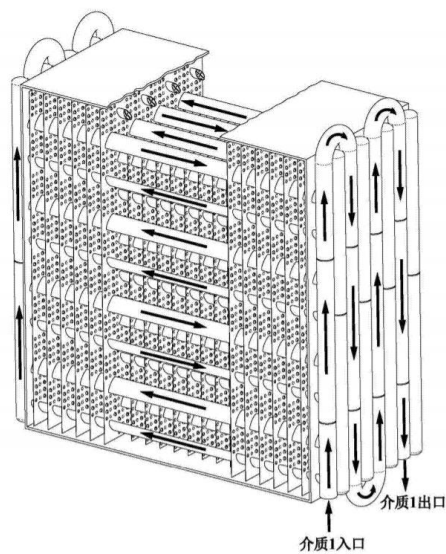


Рисунок 3.9 – Своєрідний теплообмінник трьох середніх трубок [12].

Вигляд комбінованого високоефективного теплообмінника серійних пластин[12].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.10. В кожухотрубному теплобміннику розміщені вертикальні труби, які закріплені в трубних решітках, що приварені до корпусу апарата. Труби теплобмінного апарату мають відмінний діаметр, що зменшується від центра до стінок кожуха теплообмінника. Теплоносій подається до теплообмінника за допомогою штуцерів 4 та 6, та відводиться крізь

					ЛН81мп.061512.001	

штуцери 5 та 7. Теплообмін між носіями відбувається в результаті контакту теплоносіїв з протилежною поверхнею теплообмінних труб.

Переваги апарата:

- 1) раціональне встановлення трубок;
- 2) стабілізація гідродинаміки потоку;
- 3) висока продуктивність.

Недоліки апарата:

- 1) висока металоємкість;
- 2) складність конструкції;
- 3) високий гідравлічний опір.

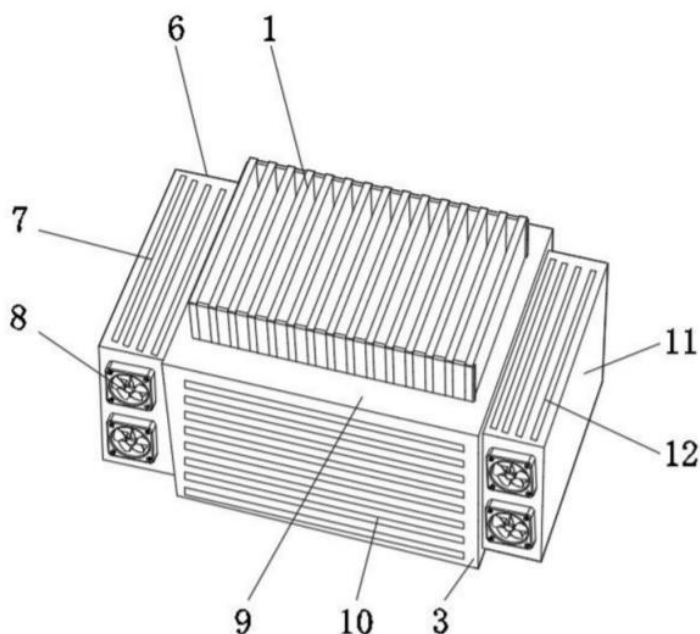


Рисунок 3.10 – Вигляд комбінованого високоефективного теплообмінника серійних пластин

Теплообмінник [13].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.11. Кожухотрубний теплообмінник містить безліч трубок, що мають некруглі форми поперечного перерізу для поліпшення теплообміну. Трубки мають центральні частини, що мають довгасту форму поперечного перерізу з плоскими протилежними кінцями. Бічні грані включають виступаючі частини, щоб збільшити тепловіддачу. Крім

того, трубки мають С-подібну форму в поперечному перерізі. Форма труб сприяє тонкоплівочному кипінню рідини в трубах, за рахунок чого поліпшується теплопередачу. Теплообмінник містить штуцер входу та виходу рідин, теплообмінні труби, циліндричну оболочку, трубну решітку, дві кришки та штуце виходу та входу пари.

Переваги апарата:

- 1) інтенсифікація процесу теплообміну;
- 2) висока продуктивність;
- 3) розбірність конструкції.

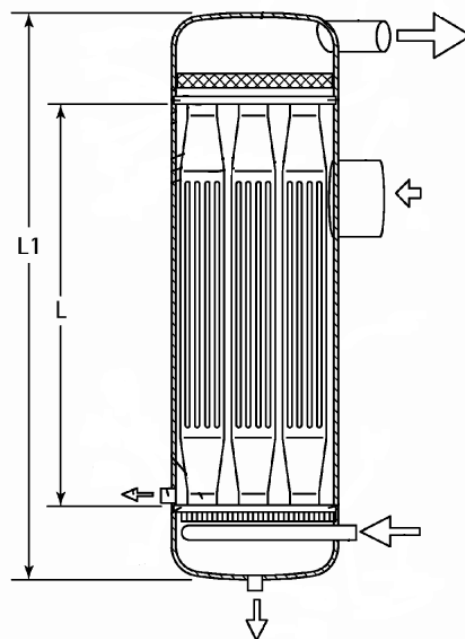


Рисунок 3.11 – Кожухотрубний теплообмінник

Недоліки апарата:

- 1) складність конструкції;
- 2) використання нестандартних елементів;
- 3) складність ремонту.

Кожухотрубний теплообмінник [14].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.12. Кожухотрубний теплообмінник містить: оболонку, що має вхідний штуцер з торцевої кришки, прикріплений до першого кінця корпусу. Трубний пучок розміщений всередині

оболонки. Кожухотрубний теплообмінник включає в себе безліч паралельних рознесених труб, які проходять всередину оболонки від першої кінця до другого кінця трубного пучка. В середині оболонки безліч перегородок розташованих паралельно одна відносно іншої. Частина кожухотрубного теплообмінника забезпечена покриттям, що містить оксид кремнію.

Переваги апарата:

- 1) використання антикорозійного покриття;
- 2) висока продуктивність;
- 3) відсутність потреби в очистці поверхонь.

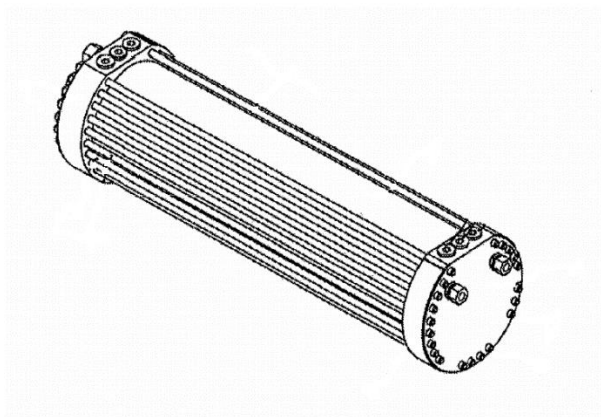


Рисунок 3.12 – Кожухотрубний теплообмінник

Недоліки апарата:

- 1) складність конструкції;
- 2) висока металоємкість;
- 3) високий гідравлічний опір;
- 4) складність ремонтних робіт.

Висновок: проведено патентний пошук апаратів з мішалкою та теплообмінників, проаналізовано патентну чистоту проєктованої установки. Згідно патентів останніх років досягнення в напрямку проєктування апаратів з мішалкою та теплообмінників, стосуються підвищення ефективності апаратів.

Вибрано конструкції апаратів з мішалкою та теплообмінників, які найбільш доцільно використовувати у схемі виробництва етиленгліколю.

У проєктованих апаратах не використано рішень, що захищені існуючими патентами, тому усі апарати вважаємо патентно спроможними.

					ЛН81мп.061512.001	

4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

4.1. Параметричний розрахунок апарата з мішалкою

Метою параметричного розрахунку є визначення продуктивності апарата з мішалкою, його основних геометричних розмірів та визначення площі теплообміну і основних характеристик змішувика.

Розрахунок продуктивності апарата з мішалкою.

Вхідні дані до розрахунку:

продуктивність заводу G_z , м³/с (т/доб) $1,55 \cdot 10^{-3}$ (133,92).

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [22].

Фізичні перетворення, що відбувається в апараті з мішалкою – розчинення рідкого газу (оксид етилену) у воді.

Розрахунок геометричних розмірів апарата з мішалкою.

Метою розрахунку є визначення основних геометричних розмірів апарата з мішалкою.

Розрахункова схема апарата з мішалкою представлена на рисунку 4.1.

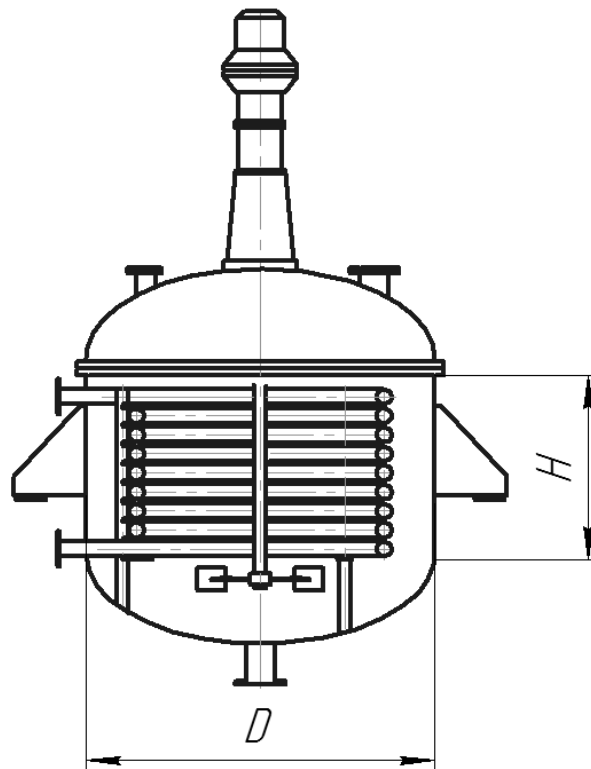


Рисунок 4.1 – Схема апарата з мішалкою для виробництва етиленгліколю

					ЛН81мп.061512.001	

Вхідні дані до розрахунку:

продуктивність за розчином V_1 , м³/год

5,58.

Розрахунок ведеться за методикою [22].

Об'єм апарата з мішалкою, м³:

$$V_{an} = \frac{G_3 \tau}{\alpha} = \frac{1,55 \cdot 10^{-3} \cdot 2700}{0,8} = 5,23$$

де α – коефіцієнт заповнення апарата з мішалкою, $\alpha = 0,8$ [22]; τ – час роботи апарата з мішалкою, $\tau = 2700 \text{ с}$ (45 хв.) хв.

Вводимо коефіцієнт $k=0,9$ з розрахунку того, що апарат у нас складається із циліндричної і еліптичної частини. І для того, щоб врахувати те, що частина води опиниться у днищі і вводимо цей коефіцієнт.

Висота циліндричної частини апарату [22], м:

$$H = 1,5 \cdot D_{an} . \quad (4.2)$$

Діаметр апарата, м:

$$V_{an} = H \cdot \frac{\pi \cdot D_{an}^2}{4} = 1,5 \frac{\pi \cdot D_{an}^3}{4} = \frac{3\pi \cdot D_{an}^3}{8} \Rightarrow D_{an} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot V_{an}}{3\pi}} = 2,1 \quad (4.3)$$

Приймаємо стандартний діаметр апарату за [23] $D_{an} = 2,2$ м.

Висота циліндричної частини апарату, м:

$$H_{an} = 2,45.$$

Перевірка:

$$V_{an} = \frac{\pi D_{an}^2 H}{4k} = \frac{3,14 \cdot 2,2^2 \cdot 2,45}{4 \cdot 0,9} = 6,48 > 5,23$$

Висновок: У результаті проведення розрахунку було визначено основні геометричні розміри апарата з мішалкою для виробництва етиленгліколю.

Тепловий розрахунок апарата з мішалкою.

Метою даного розрахунку є визначення необхідної площі поверхні змішувика.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.2.

					ЛН81мп.061512.001	

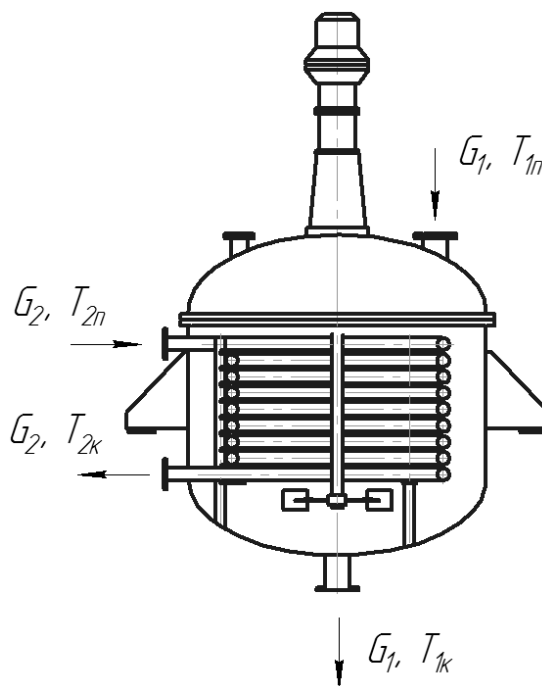


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема апарата з мішалкою

Вхідні дані до розрахунку:

температура води на вході до апарату з мішалкою T_{1n} , К	293;
температура розчину на виході із апарата з мішалкою T_{1k} , К	283;
температура охолоджуючого розчину на вході до апарату з мішалкою T_{2n} , К	263;
температура охолоджуючого розчину на виході з апарату з мішалкою T_{2k} , К	273;
продуктивність за розчином V_1 , м ³ /ГОД	5,58;
масова концентрація оксиду етилену у воді після змішувача, X_2 , доля	0,13;
охолоджуюче середовище – 15% розчин CaCl_2 ;	
тиск в апараті, МПа	0,6.

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [24] та [26].

Температури в апараті з мішалкою представлено на рисунку 4.3.

Середня логарифмічна різниця температур, К:

$$\Delta T_{\sigma} = T_{1n} - T_{2n} = 293 - 263 = 30;$$

$$\Delta T_{\mu} = T_{1k} - T_{2k} = 283 - 273 = 10;$$

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_{\bar{o}} - \Delta T_{\bar{m}}}{\lg \frac{\Delta T_{\bar{o}}}{\Delta T_{\bar{m}}}} = \frac{30 - 10}{\lg \frac{30}{10}} = 18,2.$$

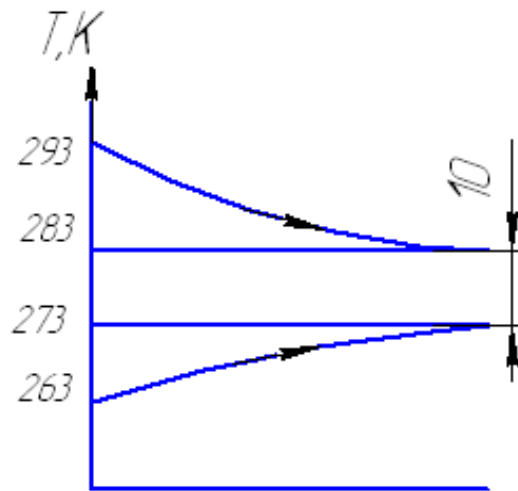


Рисунок 4.3 – Схема зміни температур теплоносіїв

Тепловий баланс:

$$Q_1 = Q_2.$$

Витрати води, кг/с:

$$G_1 = V_1 \cdot \frac{\rho_1}{3600} = \frac{5,58 \cdot 1000}{3600} = 1,55,$$

де ρ_1 – густина води, $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Теплове навантаження апарата з мішалкою, Вт:

$$Q_1 = G_1 \cdot (T_{ln} - T_{lk}) \cdot C_1 + Q_p = 1,55 \cdot (293 - 283) \cdot 4187 + 0 = 64900,$$

де C_1 – питома теплоємність води, $C_1 = 4187 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ [21];

Q_p – теплове навантаження, що створюється реакцією, $Q_p = 0$.

Витрата 15% розчину CaCl_2 , кг/с:

$$G_2 = \frac{Q_1}{(T_{2k} - T_{2n}) \cdot C_2} = \frac{64900}{(273 - 263) \cdot 3349} = 1,93.$$

де C_2 – питома теплоємність 15% розчину CaCl_2 , $C_2 = 3349 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$.

Приймаємо $\text{Re}_2 = 15000$, для забезпечення турбулентного режиму течії води у трубах.

Внутрішній діаметр трубок зміювика, м:

$$\begin{cases} \text{Re}_2 = \frac{\omega_2 d \rho_2}{\mu_2} \\ G_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \omega_2 \rho_2 \end{cases} \Rightarrow \omega_2 = \frac{\text{Re}_2 \mu_2}{d \rho_2} \Rightarrow d = \frac{4G_2}{\pi \text{Re}_2 \mu_2}$$

$$d = \frac{4G_2}{\pi \text{Re}_2 \mu_2} = \frac{1,93 \cdot 4}{3,14 \cdot 15000 \cdot 18,63 \cdot 10^{-4}} = 0,13 ,$$

де μ_2 – динамічна в'язкість 15% розчину CaCl_2 , $\mu_2 = 18,63 \cdot 10^{-4}$ Па · с .

Приймаємо стандартний найближчий діаметр трубок зміювика
 $n_{\text{cn}} \times b_{\text{cn}} = 89 \times 4,5$ мм за [42].

Швидкість води у трубах, м/с:

$$\omega_2 = \frac{4G_2}{d^2 \rho_2 \pi} = \frac{4 \cdot 1,938}{0,08^2 \cdot 1130 \cdot 3,14} = 0,341 .$$

Дійсний критерій Рейнольдса у трубці зміювика:

$$\text{Re}_2 = \frac{\omega_2 d \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,341 \cdot 0,08 \cdot 1130}{18,63 \cdot 10^{-4}} = 16550 .$$

Критерій Нусельта, для води у трубках зміювика:

$$Nu_2 = 0,023 \cdot \text{Re}_2^{0,8} \text{Pr}_2^{0,4} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{CT}}} \right)^{0,25} = 0,023 \cdot 16550^{0,8} \cdot 8,7^{0,4} \cdot 1,1 = 142,584 ,$$

де Pr_2 – критерій Прандтля для 15% розчину CaCl_2 при заданій температурі,
 $\text{Pr}_2 = 8,7$;

$$\left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{CT}}} \right)^{0,25} \text{ – поправка Міхеєва, } \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{CT}}} \right)^{0,25} = 1,1 .$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води, Вт/(м²К):

$$\alpha'_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d} = \frac{142,584 \cdot 0,567}{0,08} = 1011 ,$$

де λ_2 – коефіцієнт теплопровідності 15% розчину CaCl_2 , $\lambda_2 = 0,576$ Вт/(м·К) [25];

$$\alpha_2 = \alpha'_2 \left(1 + 3,54 \frac{d}{D_{\text{зм}}} \right) = 1011 \left(1 + 3,54 \frac{0,08}{1,38} \right) = 1218 ,$$

де d – внутрішній діаметр труби змієвика;

					ЛН81мп.061512.001	

$D_{зм}$ – діаметр витка зміювика, приймаємо із конструктивних міркувань.

Число Прандтля об'єму у апараті з мішалкою:

$$Pr_1 = \frac{\mu_1 \cdot C_1}{\lambda_1} = \frac{1,004 \cdot 10^{-3} \cdot 4187}{0,599} = 7,011,$$

де μ_1 – динамічна в'язкість води, $\mu_1 = 1,004 \cdot 10^{-3}$ Па · с;

C_1 – питома теплоємність води, $C_1 = 4187$ Дж/кг · К;

λ_1 – коефіцієнт теплопровідності води, $\lambda_1 = 0,599$ Вт/(м·К) [23].

Критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,15 \cdot 0,6^2 \cdot 1000}{1,004 \cdot 10^{-3}} = 83681,939,$$

де n – кількість обертів, $n = 10 \text{ об/хв}$ [Тимонінстор 86, МП02-15-32,1-5,5/45-АО-2-42-4];

d_m – діаметр мішалки, $d_m = 0,6$ м;

μ_1 – динамічна в'язкість води, $\mu_1 = 1,004 \cdot 10^{-3}$ Па · с.

Критерій Нусельта, для води, що перемішується:

$$Nu_1 = a \cdot Re_1^m \cdot Pr_1^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14} = 0,87 \cdot 83681,939^{0,62} \cdot 7,011^{0,33} \cdot 1 = 1866,$$

Де a і m – коефіцієнти для зміювиків [26], $a = 0,87$; $m = 0,62$,

$\left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14}$ – поправка, $\left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14} = 1$, оскільки різниця температур дуже мала.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води, Вт/(м² К):

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_m} = \frac{1866 \cdot 0,599}{0,6} = 1866.$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² К):

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1866} + \frac{0,0045}{17,9} + \frac{1}{1218}} = 585,539.$$

Площа поверхні теплообміну, м²:

$$F = \frac{Q_1}{k \cdot \Delta T_{cp}} = \frac{64900}{585,539 \cdot 18,205} = 6,088 .$$

Виконаємо перерахунок.

Поверхнева густина теплового потоку, Вт/м² [19]:

$$q = k \cdot \Delta T_{cp} = 585,539 \cdot 18,205 = 10660 .$$

Перепад температур зі сторони води, К:

$$\Delta T_1 = \frac{q}{\alpha_1} = \frac{10660}{1574} = 6,773 .$$

Перепад температур зі сторони води, К:

$$\Delta T_2 = \frac{q}{\alpha_2} = \frac{10660}{3958} = 8,752 .$$

Температура стінки зі сторони води, К:

$$T_{ст1} = T_{1cp} - \Delta T_1 = 288 - 9,253 = 281,227 .$$

Температура стінки зі сторони води, К:

$$T_{ст2} = T_{2cp} + \Delta T_2 = 268 + 8,752 = 276,752 .$$

Критерій Прандтля для води при температурі $t_{ст2}$:

$$Pr_{ст2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4217 \cdot 1,788 \cdot 10^{-3}}{0,569} = 9,802 ,$$

де $c_{ст2}$ - питома теплоємність води при $T_{ст2}$, $c_{ст2} = 4217$ Дж/кг·К;

$\mu_{ст2}$ - динамічна в'язкість води при $T_{ст2}$, $\mu_{ст2} = 1,285 \cdot 10^{-3}$ Па·с;

$\lambda_{ст2}$ - теплопровідність води при $T_{ст2}$, $\lambda_{ст2} = 0,569$ Вт/(м·К).

Критерій Нусельта, для води, що перемішується:

$$Nu_1 = a \cdot Re_1^m \cdot Pr_1^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14} = 0,87 \cdot 83680^{0,62} \cdot 7,011^{0,33} \cdot \left(\frac{1,1545 \cdot 10^{-3}}{1,285 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,14} = 1838 ,$$

де μ_{cm} - динамічна в'язкість води при T_{cm1} .

Коефіцієнт тепловіддачі при течії в міжтрубному просторі визначається, Вт/(м²К):

					ЛН81мп.061512.001	

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d} = \frac{1838 \cdot 0,599}{0,71} = 1550.$$

Критерій Нусельта, для води у трубках зміювика:

$$Nu_2 = 0,023 \cdot Re_2^{0,8} Pr_2^{0,4} \left(\frac{Pr}{Pr_{2cm}} \right)^{0,25} = 0,023 \cdot 16550^{0,8} \cdot 8,7^{0,4} \cdot 1,1 = 142,584.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води, Вт/(м² К):

$$\alpha_2' = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d} = \frac{142,584 \cdot 0,641}{0,08} = 1011,$$

$$\alpha_2 = \alpha_2' \left(1 + 3,54 \frac{d}{D_{зм}} \right) = 1011 \left(1 + 3,54 \frac{0,08}{1,38} \right) = 1218$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К):

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1550} + \frac{0,0045}{17,9} + \frac{1}{1218}} = 582,267.$$

Площа поверхні охолодження, м²:

$$F = \frac{Q_1}{k \cdot \Delta T_{cp}} = \frac{159880}{582,267 \cdot 35,56} = 6,122.$$

Перевірка достатності точності розрахунку після другої ітерації з уточненим розрахунком температури стінки:

$$\Delta = \frac{|F_c - F|}{F} \cdot 100 = \frac{|6,122 - 6,088|}{6,088} \cdot 100 = 0,562\% < 5\%.$$

Запас площі поверхні 10%, м²:

$$F = 1,1 F = 6,122 \cdot 1,1 = 6,73.$$

Довжина труби зміювика, м:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d} = \frac{6,73}{3,14 \cdot 0,08} = 26,79.$$

Кількість витків в секції:

$$n_{sum} = \frac{L}{\pi \cdot D_{зм}} = \frac{26,79}{3,14 \cdot 1,38} = 5,98.$$

Приймаємо кількість витків $n_{sum} = 6$.

					ЛН81мп.061512.001	

Висота секції, м:

$$h_c = h \cdot (n_{\text{sum}} - 1) = 0,18(6 - 1) = 0,9,$$

де h – крок навивки по спіралі, приймаємо $h = 180$ мм.

Висновки: розраховано основні геометричні показники даного апарату, та площу теплообміну і основні геометричні розміри змішувика для охолодження затору.

Визначення потужності необхідної для перемішування при $d_m = 0,6$, Вт:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 2,7 \cdot 996 \cdot 0,167^3 \cdot 0,6^5 = 2,2,$$

де K_N - критерій потужності, визначений за графіком в залежності від критерія Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{996 \cdot 0,167 \cdot 0,6^2}{1,155 \cdot 10^{-3}} = 72770$$

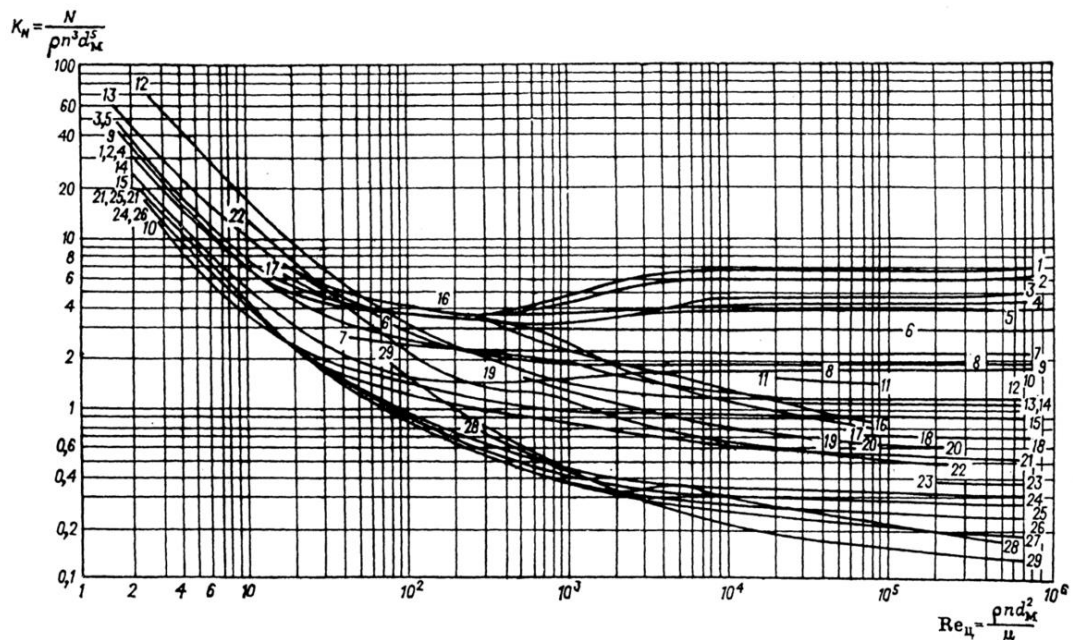


Рисунок 4.4 - Залежність критерію потужності від критерію Рейнольдса

Звідси визначаємо критерій потужності $K_N = 2,7$

Визначення потужності необхідної для перемішування при $d_m = 0,5$, Вт:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 3,9 \cdot 996 \cdot 0,167^3 \cdot 0,5^5 = 0,56,$$

де K_N - критерій потужності, визначений за графіком в залежності від критерія Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{996 \cdot 0,167 \cdot 0,5^2}{1,155 \cdot 10^{-3}} = 36090$$

Звідси визначаємо критерій потужності $K_N = 3,9$

Визначення потужності необхідної для перемішування при $d_m = 0,4$, Вт:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 4,3 \cdot 996 \cdot 0,167^3 \cdot 0,4^5 = 0,2 ,$$

де K_N - критерій потужності, визначений за графіком в залежності від критерія Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{996 \cdot 0,167 \cdot 0,4^2}{1,155 \cdot 10^{-3}} = 23100$$

Звідси визначаємо критерій потужності $K_N = 4,3$.

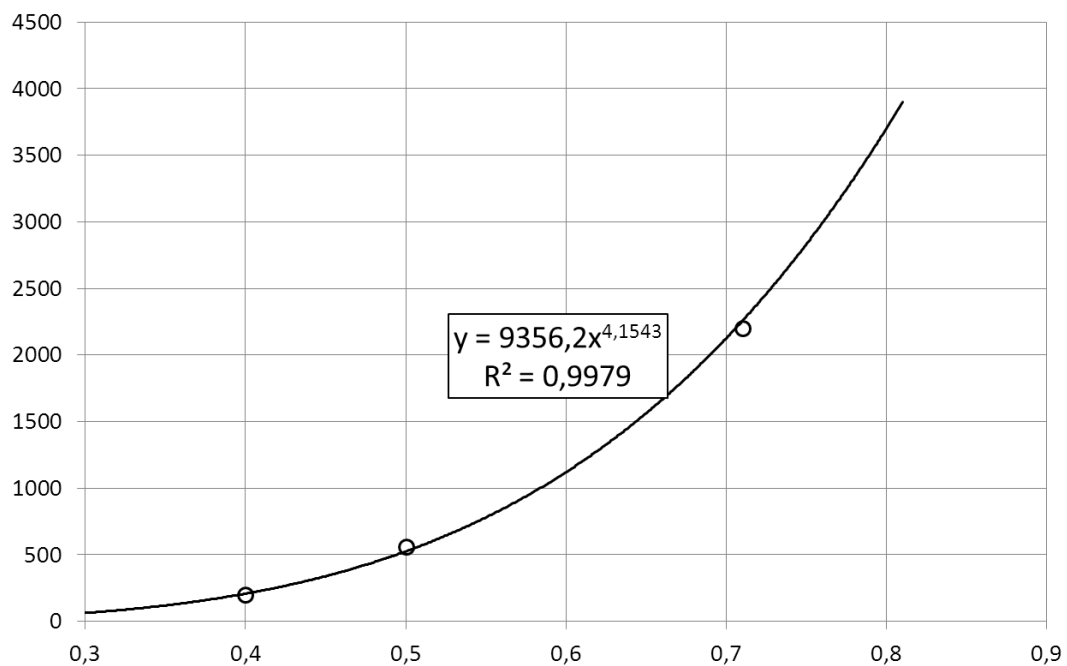


Рисунок 4.5 – Залежність потужності приводу мішалки від діаметру мішалки

Висновки: Проведені натурні та імітаційні експерименти збігаються у визначенні радіусу вимушеного завихрення (за наведених умовах постановки експерименту) з достатньою для інженерних розрахунків точністю, а характер впливу параметрів процесів відображає реальний процес. При обрахунку різних умов процесу результати змінювались монотонно.

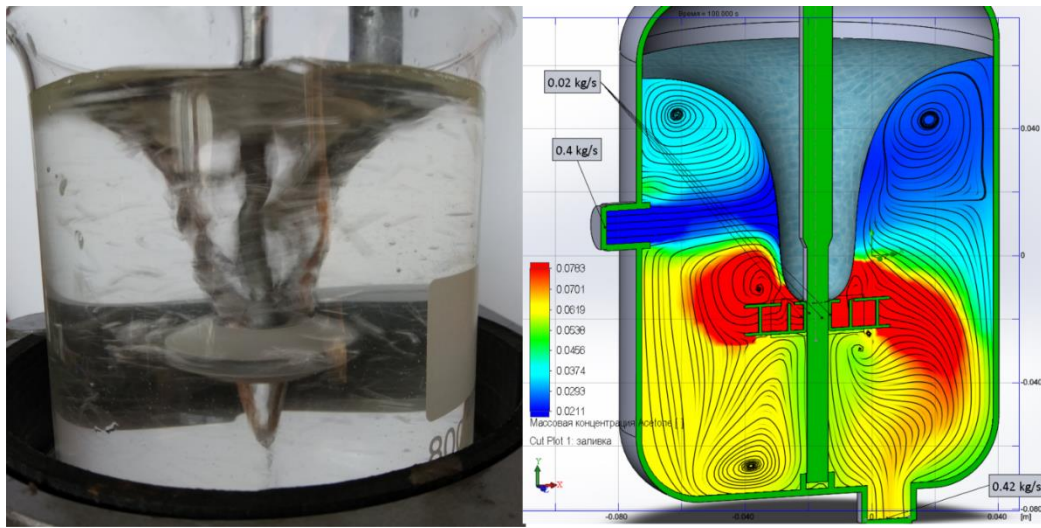


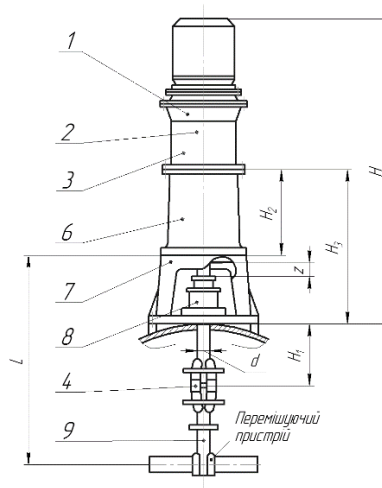
Рисунок 4.6 – Натурний експеримент перемішування з режимом розвинутої центральної воронки (зліва), вхідні параметри для імітаційного експерименту, результати (праворуч)

4.2 Розрахунок вала апарата з мішалкою

Метою розрахунку є визначення основних геометричних розмірів вала та перевірка при робочих умовах виконання умов вібростійкості, міцності та жорсткості вала апарата з мішалкою.

Розрахунок проводимо згідно методики [20].

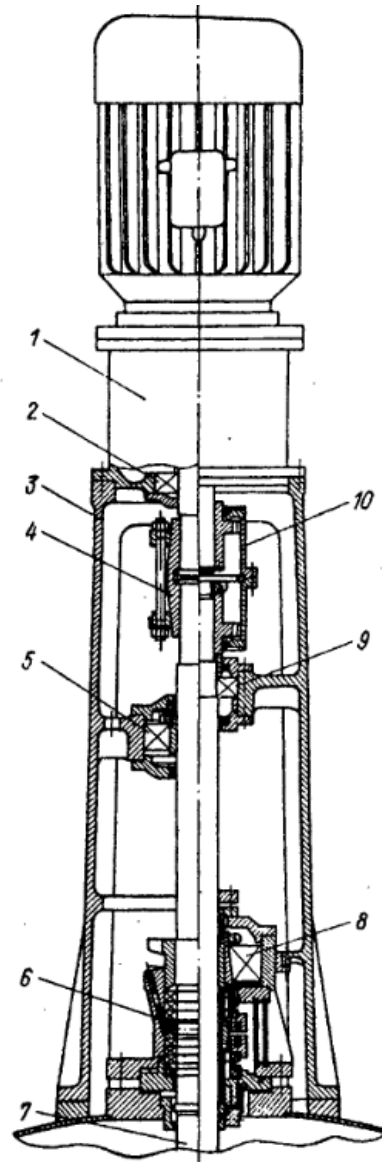
Конструкція привода представлена на рисунку 4.4.



1 – мотор-редуктор, 2 – перехідник, 3 – муфта, 4 – муфта, 5 – вал проміжний, 6 – стійка, 7 – стійка, 8 – ущільнення, 9 – вал перемішуючого пристрою

Рисунок 4.4 – Конструкція привода

Для обертання механічних перемішуючих пристроїв в хімічних апаратах служать приводи, де в якості рушійної сили використовується електроенергія. Найбільш поширеними в хімічних апаратах з перемішуючими пристроями є вертикальні виносні приводи. За відомою кількістю обертів мішалки $n = 100 \text{ об / хв}$ підбираємо привід, який буде відповідати нашим вимогам [20], рис. 4.2.



1 - мотор редуктор, 2 – опорний підшипник мотор-редуктора, 3 – стійка, 4 – муфта поздовжньо роз'ємна, 5 – опорний підшипник стійки, 6 – сальникове ущільнення, 7 – вал мішалки, 8 – опорний підшипник, вбудований в корпус торцевого ущільнення, 9 – упорний підшипник кочення, 10 – муфта зубчата

Рисунок 4.2 – Привід з жорстким і рухомим з'єднанням валу мотор-редуктора з валом мішалки

Вибираємо привід вертикальний з двома проміжними опорами низькими, мотор-редуктор типу ВО і електродвигуном серії АО2 і ВАО (тип VI), ПЕМ–50–5,5/100, основні характеристики у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні характеристики привода ПЕМ–50–5,5/100.

Позначення приводу	Обертання мішалки
Типорозмір мотор-редуктора	III
Потужність, N , Вт	5500
Частота обертів валу, n , об/хв.	100
Крутний момент, M , Н·м	530

Виконаємо розрахунок вала на вібростійкість, жорсткість і міцність.

4.3 Розрахунок вала апарата з мішалкою на вібростійкість

Креслення валу представлено на рис. 4.3[23], розміри в табл. 4.2.

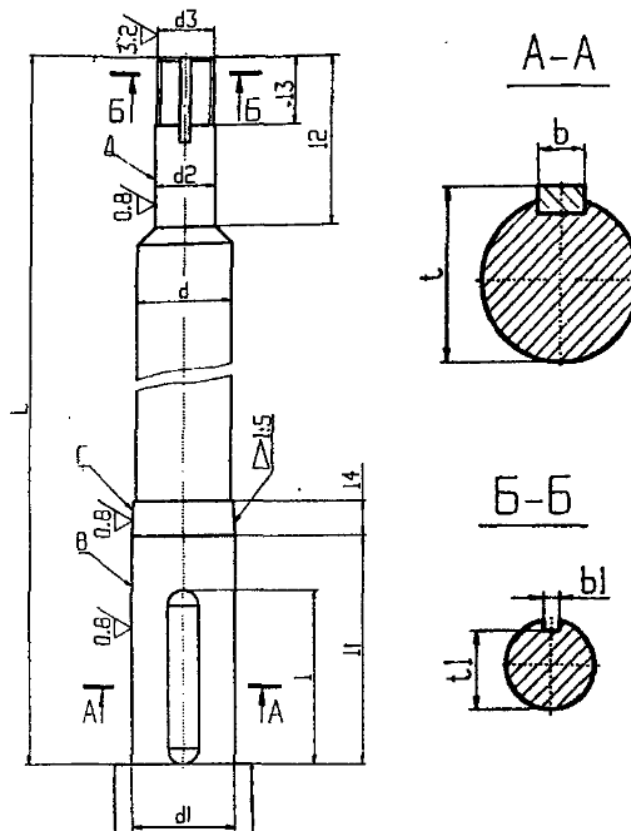


Рисунок 4.3 – Розміри кінця вала перемішуючого пристрою

Таблиця 4.2 – Основні розміри валу привода ПЕМ–50–5,5/100.

Позначення приводу	ПЕМ–50
$d, \text{мм}$	55
d_1	60f9
d_2	35f7
d_3	M33×1,5 – 6g
$l, \text{мм}$	100
$l_1, \text{мм}$	131
$l_2, \text{мм}$	100
$l_3, \text{мм}$	40
$l_4, \text{мм}$	20
b	18h9
b_1	6H12
$t, \text{мм}$	64
$t_1, \text{мм}$	29
$L, \text{мм}$	655

Метою розрахунку валу на вібростійкість є вибір таких режимів його роботи та таких геометричних параметрів, при яких кутова швидкість вимушених коливань валу знаходилась би в необхідному співвідношенні з власними коливаннями.

Розрахункова схема валу зображена на рисунку 4.4.

					ЛН81мп.061512.001	

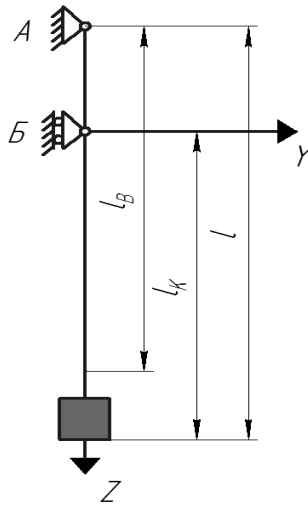


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема вала

Вхідні дані до розрахунку:

довжина вала L , м	0,655;
довжина консолі L_K , м	0,555;
довжина прольоту L_P , м	0,1;
діаметр валу d , м	0,055;
координата центру ваги деталі l_1 , м	0,065;
число деталей на валу n_{1d}	1;
маса деталей m_1 , кг	12;
частота обертання вала n , об/хв	100;
густина матеріалу вала ρ , кг/м ³	7850;
модуль пружності матеріалу вала E , МПа	$2,15 \cdot 10^5$;
коефіцієнт, що враховує вібростійкість ξ	0,9;
коефіцієнт приведення маси вала q	0,25.

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [31].

Відносна довжина консолі:

$$\bar{L}_1 = \frac{L_K}{L} = \frac{0,555}{0,655} = 0,84.$$

Відносна довжина прольоту:

$$\bar{L} = \frac{L_P}{L_K} = \frac{0,1}{0,555} = 0,18.$$

Відносні координати центру ваги деталі в прольоті:

$$\bar{l}_1 = \frac{l_1}{L} = \frac{0,065}{0,655} = 0,099.$$

Відносні координати центру ваги деталі на консолі:

$$\bar{l}_{11} = \frac{l_{11}}{L} = \frac{0,065}{0,655} = 0,099.$$

Безрозмірний прогин вала в прольоті:

$$\bar{Y}_1 = K_i \bar{L} = 0,06 \cdot 0,18 = 0,0108,$$

де $K_i=0,06$ – коефіцієнт, що враховує вплив маси деталі в прольоті на прогин.

Безрозмірний прогин вала на консолі $\bar{Y}_{11} = 1$.

Кутова швидкість вала, c^{-1} :

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \times 100}{30} = 10,46.$$

Коефіцієнт, що враховує умови закріплення вала:

$$\eta = 3\bar{L}_1 = 3 \cdot 0,84 = 2,52.$$

Безрозмірний коефіцієнт:

$$f = \frac{8\rho\omega^2 L_e^2}{\zeta^2 \eta E} = \frac{8 \times 7850 \times 10,46^2 \times 0,555^2}{0,9^2 \times 2,52 \times 2,15 \times 10^5 \times 10^6} = 4,823 \times 10^{-6}.$$

Приведена маса деталі в прольоті, кг:

$$m_{1пр} = m_1 \bar{Y}_1^2 = 12 \cdot 0,0108^2 = 0,0014.$$

Приведена маса деталі на консолі:

$$m_{11пр} = m_1 \bar{Y}_{11}^2 = 12 \cdot 1 = 12.$$

Сума приведених мас деталей, кг:

$$m_{пр} = \sum m_{1пр} + \sum m_{11пр} = 0,0014 + 12 = 12,0014.$$

Маса одиниці довжини вала, кг:

$$m_l = \frac{\pi d^2 \rho}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,055^2 \cdot 7850}{4} = 18,65.$$

					ЛН81мп.061512.001	

Відносна приведена маса деталі:

$$\bar{m}_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пр}}}{m_l L} = \frac{12,0014}{18,65 \cdot 0,655} = 0,982.$$

Момент інерції перерізу вала, м⁴:

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,055^4}{64} = 0,0000004492.$$

Перша критична кутова швидкість, с⁻¹:

$$\omega_{\text{кр1}} = \left(\frac{\alpha}{L_k} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{m_l}} = \left(\frac{1,42}{0,555} \right)^2 \sqrt{\frac{2,15 \times 10^5 \times 10^6 \times 0,0000004492}{18,65}} = 471,062 ,$$

де $\alpha=1,42$ – корінь частотного рівняння для консольного вала.

Умова вібростійкості:

$$\zeta \geq \frac{\omega}{\omega_{\text{ед1}}}$$
$$0,9 \geq \frac{10,472}{471,062}$$
$$0,9 \geq 0,022$$

Відповідно до запропонованої методики складено програму розрахунків.

Висновок: розрахунок на вібростійкість показав, що вал здатний витримувати вібраційне навантаження, при діаметрі вала 55 мм.

4.4 Розрахунок вала апарата з мішалкою на жорсткість

Мета розрахунку є визначення максимального зсуву вала відносно осі обертання в небезпечних по жорсткості перерізах: в місцях встановлення ущільнювальних приладів, в місцях де зазори між обертовими та нерухомими деталями незначні. Розрахункова схема вала зображена на рисунку 4.5. Частина параметрів необхідних для перевірки вала на міцність обирається з попередніх розрахунків.

Розрахунок виконано відповідно методики [32].

Вхідні дані для розрахунку:

довжина вала L, м

0,655;

					ЛН81мп.061512.001	

довжина консолі L_k , м	0,555;
довжина прольоту L_p , м	0,1;
діаметр валу d , м	0,055;
координата центру ваги деталі l_1 , м	0,065;
число деталей на валу n_{1d}	1;
маса деталей m_1 , кг	12;
частота обертання вала n , об/хв	100;
густина матеріалу вала ρ , кг/м ³	7850;
модуль пружності матеріалу вала E , МПа	$2,15 \cdot 10^5$;
кутова швидкість вала ω , с ⁻¹	10,472;
початкова зігнутість вала в точці приведення ε_B , м	0,0007;
радіальні зазори в опорах: Δ_A , м	0,00003;
Δ_B , м	0,00037;
зсуви вала, що допускаються $[A_z]$, м	0,00025;
діаметр мішалки d_m , м	0,6;
діаметр апарату D , м	1,8;
динамічна в'язкість затору μ , Па·с	$0,47 \cdot 10^{-3}$;
критерій потужності, для апаратів з перегородками K_{Nn}	0,58;
критерій потужності, для апаратів без перегородок K_N	0,28;
площа лобового опору внутрішнього пристрою F , м ²	0,35;
коефіцієнт, що враховує тип мішалки k_Q	1;
момент інерції перерізу вала I , м ⁴	$0,4492 \cdot 10^{-6}$.

Ексцентриситет маси деталей, м:

$$e_1 = \frac{10^{-3}}{\sqrt{\omega}} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{10,472}} = 0,000309 \text{ .}$$

Відносні координати небезпечних по жорсткості перетинів в прольоті і на консолі:

$$\bar{z}_1 = \frac{l_1}{L} = \frac{0,065}{0,655} = 0,099 \text{ .}$$

Безрозмірний динамічний прогин вала в небезпечному перетині $\bar{y}_{zi} = 0,003125$.

					ЛН81мп.061512.001	

Приведений ексцентриситет мас деталей, м:

$$e_{\text{лп}} = \frac{e_1}{\bar{y}_{zi}} = \frac{0,000309}{0,003125} = 0,099 .$$

Маса одиниці довжини вала, кг:

$$m_l = \frac{\pi d^2 \rho}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,065^2 \cdot 7850}{4} = 26,03 .$$

Приведена маса вала, кг:

$$m_{\text{вп}} = 0,5 m_l L = 0,5 \cdot 26,03 \cdot 1,65 = 21,48 .$$

Зсув вала щодо осі обертання вала за рахунок зазорів в опорах (у точках кріплення деталей і в небезпечних точках), м:

$$\Delta_{l1} = \frac{l_1}{L_{\text{п}}} (\Delta_{\text{Б}} - \Delta_{\text{А}}) L_{\text{к}} + \Delta_{\text{А}} = \frac{0,75}{0,25} (0,000037 - 0,000003) 0,8 + 0,000003 = 0,0000468;$$

$$\Delta_{z1} = (\Delta_{\text{А}} - \Delta_{\text{Б}}) \bar{z}_1 + \Delta_{\text{А}} = (0,000003 - 0,000037) 0,4545 + 0,000003 = 0,00002682;$$

Відносна довжина прольоту:

$$\bar{L} = \frac{L_{\text{п}}}{L_{\text{к}}} = \frac{0,25}{0,8} = 0,3125 .$$

Безрозмірний динамічний прогин вала в небезпечних перетинах:

$$a_{z1} = k_2 \bar{L} = 0,0825 \cdot 0,18 = 0,015 ,$$

де $k_2=0,0825$ згідно з [33].

Зсув вала щодо осі обертання за рахунок початкової зігнутості вала (у точках кріплення деталей і в небезпечні перетини), м:

$$\varepsilon_{l1} = \varepsilon_{\text{Б}} \bar{z}_1 = 0,0007 \times 0,099 = 0,6947 \times 10^{-6} ,$$

$$\varepsilon_{z1} = \varepsilon_{\text{Б}} a_{z1} = 0,0007 \times 0,015 = 0,1041 \times 10^{-6} .$$

Зсув осі вала щодо осі обертання в точці приведення У за рахунок зазорів в опорах, м:

$$\Delta_{\text{Б}} = \frac{(\Delta_{\text{А}} + \Delta_{\text{Б}}) L_{\text{к}}}{L_{\text{п}}} = \frac{(0,000003 + 0,000037) 0,555}{0,1} = 0,000067 .$$

					ЛН81мп.061512.001	

Приведений до точки ексцентриситет деталі, м:

$$E_{1B} = \frac{m_1 e_{1np}}{m_l + m_{впр}} = \frac{12 \cdot 0,099}{18,65 + 6,108} = 0,048.$$

Приведений до точки ексцентриситет вала з деталями, м:

$$e_B = E_{1B} + \Delta_B + \varepsilon_B = 0,048 + 0,000067 + 0,0007 = 0,048767.$$

Динамічний прогин осі вала в точці приведення, м:

$$y_B = \frac{e_B}{\left(\frac{\omega_{1\partial\partial}}{\omega}\right)^2 - 1} = \frac{0,048767}{\left(\frac{471,062}{10,472}\right)^2 - 1} = 0,00002408,$$

Динамічний зсув центра ваги деталі, м:

$$A_1 = y_B \cdot a_{z1} + \Delta_{z1} + \varepsilon_{z1} = 0,0004201 \cdot 0,02578 + 0,00035 + 0,00000022 = 0,00003787.$$

Динамічний зсув вала в небезпечному по жорсткості перетині, м:

$$A_{z1} = y_B \cdot a_{z1} + \varepsilon_{z1} = 0,00002408 \cdot 0,015 + 0,00006947 = 0,00009913,$$

$$A_B = y_B a_{z1} + \Delta_B + \varepsilon_B = 0,00002408 \cdot 0,015 + 0,000067 + 0,0007 = 0,0007674.$$

Центробіжний критерій Рейнольдса:

$$Re_{\eta} = \frac{\rho_c n d_m^2}{\mu} = \frac{1123 \cdot 0,15 \cdot 0,71^2}{4,7 \cdot 10^{-3}} = 21020.$$

Симплекс геометричної схожості:

$$\Gamma_D = D / d_m = 1,8 / 0,71 = 2,535.$$

Коефіцієнт лобового опору мішалки:

$$\xi_m = \frac{K_{Nn}}{0,7} = \frac{0,58}{0,7} = 0,829.$$

Безрозмірний комплекс, що характеризує гідродинамічний режим потоку в апараті:

$$\hat{O} = \frac{0,36 \tilde{A}_D}{\xi_i n_{1\tilde{a}} Re_{\sigma}^{0,25}} = \frac{0,36 \times 2,535}{0,829 \times 1 \times 21020^{0,25}} = 0,091.$$

Гідродинамічний параметр:

$$\psi_0 = f(\Phi, \Gamma_D),$$

Визначається графічним методом, рисунок 11 [32].

Гідродинамічний параметр визначений графічним методом з рисунка $\psi_0 = 1,2$.

Коефіцієнт площі лобового супротиву:

$$C_F = \frac{2,5F}{D^2} = \frac{2,5 \cdot 0,35}{1,8^2} = 0,27.$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\beta_F = f(C_F),$$

визначається графічно з рисунка 10 [32].

Поправочний коефіцієнт визначений графічним методом з рисунка $\beta_F = 1$.

Коефіцієнт збільшення потужності:

$$C_N = \beta_F \left(\frac{K_{Nn}}{K_N} - 1 \right) + 1 = 1 \left(\frac{0,58}{0,28} - 1 \right) + 1 = 2,0714.$$

Відносне зміщення центру епюру окружної швидкості від осі мішалки:

$$S_V = f(C_N, \psi_0),$$

визначається графічно, рисунок 9 [32].

Відносне зміщення центру епюру окружної швидкості від осі мішалки визначене графічним методом з рисунка $S_V = 0,8$.

Безрозмірна поперечна гідродинамічна сила:

$$\psi_Q = f(S_V, \psi_0),$$

визначається графічно, рисунок 8 [32].

Безрозмірна поперечна гідродинамічна сила визначена графічним методом з рисунка $\psi_Q = 0,2$.

Поперечна гідродинамічна сила діюча на одну мішалку:

$$Q_{11} = 0,015 k_Q \psi_Q \rho_n \omega^2 d_i^4 = 0,015 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 1123 \cdot 10,472^2 \cdot 0,71^4 = 93,884.$$

Приведена гідродинамічна сила, Н:

$$Q_{11np} = Q_{11} \overline{y_{z1}} = 93,884 \cdot 0,0003125 = 0,293.$$

Сумарна приведена гідродинамічна сила, Н:

$$Q_{np} = \sum Q_{1np} = 0,293.$$

					ЛН81мп.061512.001	

Динамічний прогин вала в точці приведення В від дії Q_{np} , м:

$$y_{BQ} = \frac{Q_{np} L_{II} L_K^2}{3EI} = \frac{0,293 \cdot 0,1 \cdot 0,555^2}{3 \cdot 2,15 \cdot 10^{11} \cdot 4,492 \cdot 10^{-7}} = 31,19 \cdot 10^{-9}.$$

Сумарний динамічний зсув центру тяжіння мішалки з урахуванням Q_{np} :

$$A_{Q_{II1}} = A_I + y_{BQ} + \overline{y_{II1}} = 0,00009913 + 31,19 \cdot 10^{-9} + 0,0003125 = 0,0033\text{м}.$$

Сумарний динамічний зсув небезпечного по жорсткості перерізу валу з урахуванням Q_{np} , м:

$$A_{Q_{z11}} = A_{z11} + y_{BQ} + \overline{y_{z11}} = 0,00001105 + 9,526 \cdot 10^{-9} + 0,0003125 = 0,0003236.$$

Сумарний динамічний зсув перерізу вала в точці приведення В від дії Q_{np} , м:

$$A_{BQ} = A_B + y_{BQ} = 0,0007674 + 31,19 \cdot 10^{-9} = 0,00076.$$

Умова жорсткості з урахуванням сил:

$$A_{Q_{z11}} \leq [A_{Q_{z11}}],$$

$$A_{Q_{II1}} \leq [A_{Q_{II1}}],$$

$$0,3235 \cdot 10^{-3} \leq [0,33 \cdot 10^{-3}],$$

$$0,03503 \cdot 10^{-3} \leq [0,76 \cdot 10^{-3}].$$

Умова виконується.

Відповідно до запропонованої методики складено програму розрахунків.

Висновок: За результатами розрахунку виявлено, що при заданих геометричних розмірах та робочих режимах умова жорсткості виконується. Остаточню приймаємо діаметр вала апарата з мішалкою 65мм.

4.5 Розрахунок вала апарата з мішалкою на міцність

Метою розрахунку є перевірка вала на міцність в місцях концентрації напружень, особливо небезпечних в умовах знакозмінних навантажень.

Розрахункова схема вала зображена на рисунку 4.5.

					ЛН81мп.061512.001	

При розрахунку використовуємо методику наведену в [33].

Частина параметрів необхідних для перевірки вала на міцність обирається з попередніх розрахунків.

Вхідні дані для розрахунку:

довжина консолі L_k , м	0,555;
довжина прольоту L_p , м	0,1;
діаметр вала d , м	0,055;
координата центру ваги деталі l_1 , м	0,065;
маса деталей m_1 , кг	12;
динамічний зсув центра ваги деталі A_1 , м	$99,13 \cdot 10^{-6}$;
приведена маса вала $m_{кпр}$, кг	6,108;
динамічний зсув вала в небезпечному перетині A_B , м	$0,76 \cdot 10^{-3}$;
коефіцієнт концентрації напруги у небезпечних перетинах $k_{\sigma j}$	3;
межа витривалості матеріалу вала σ , МПа	260;
коефіцієнт запасу міцності $k_{зап}$	2;
масштабний коефіцієнт k_m	0,77;
потужність споживана диспергатором N_1 , кВт	10;
кутова швидкість вала ω , c^{-1}	10,472.

Зосереджена відцентрова сила, що діє на деталь, Н:

$$P_1 = m_1 \omega^2 A_1 = 12 \cdot 10,472^2 \cdot 0,00009913 = 0,13 \text{ .}$$

Приведена відцентрова сила, Н:

$$P_B = m_{кпр} \omega^2 A_B = 6,108 \cdot 10,472^2 \cdot 0,7674 \cdot 10^{-3} = 0,514 \text{ .}$$

Сума моментів сил щодо опори Б, Н·м:

$$M_{\hat{A}B} = P_1 \cdot l_1 = 0,13 \cdot 0,065 = 0,008479 \text{ .}$$

Реакція опори А, Н:

$$R_A = \frac{1}{L_{тi}} (M_{Bk} + P_B L_k) = \frac{1}{0,1} (0,008479 + 0,514 \cdot 0,555) = 2,937 \text{ .}$$

Сума моментів сил щодо опори А, Н·м:

$$M_{Ak} = P_1 (L_r + l_1) = 0,13 (0,1 + 0,065) = 0,022 \text{ .}$$

Реакція опори Б, Н:

					ЛН81мп.061512.001	

$$R_B = \frac{1}{L_{II}} (M_{AK} + P_B L_{II}) =$$

$$= \frac{1}{0,1} (0,022 + 0,729 \cdot 0,1) = 0,729 \text{ Н.}$$

Момент, що вигинає у небезпечних по міцності перетинах, Н·м:

$$M_{z1} = P_B (L_K + z_2) + P_1 (l_1 - z_2) = 0,729 (0,555 + 0) + 0,13 (0,065 - 0) =$$

$$= 0,294,$$

де $z_2=0$ – ексцентриситет прикладеного навантаження.

Крутний момент у небезпечних за міцністю перетинах, Н·м:

$$M_1 = \frac{N_1}{\omega} = \frac{10}{10,472} = 0,955 .$$

Момент опору вала в небезпечних по міцності перетинах, м³:

$$W_1 = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,055^3}{32} = 1,63 \cdot 10^{-5} .$$

Еквівалентна напруга в небезпечних по міцності перетинах, МПа:

$$\sigma_{e1} = \frac{\sqrt{M_{z1}^2 + M_1^2}}{W_1} = \frac{\sqrt{0,294^2 + 0,955^2}}{1,633 \cdot 10^{-5}} = 0,061 .$$

Напруга, що допускається з умов міцності, МПа:

$$[\sigma] = \frac{k_M \sigma}{k_{\sigma j} k_{зап}} = \frac{0,77 \cdot 260 \cdot 10^6}{3 \cdot 2} = 33,34 .$$

Умова міцності, МПа:

$$\sigma_{e1} \leq [\sigma],$$

$$0,061 \leq 33,34$$

Умова міцності виконується.

Висновок: в результаті виконання перевірного розрахунку вала на міцність в небезпечних перетинах, було встановлено, що при даних технологічних і конструкційних параметрах навантаження умова міцності виконується. Остаточного приймаємо вал діаметром 55 мм.

					ЛН81мп.061512.001	

4.6 Розрахунок опор апарата з мішалкою

Метою данного розрахунку є вибір типу опори вертикального апарата.

Розрахунок здійснюємо за методикою та рекомендаціями наведеними в [27, 28, 29].

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.6.

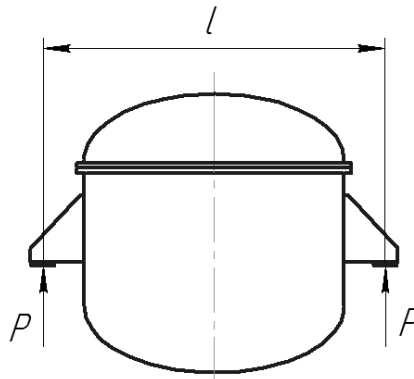


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема опор

Вхідні дані до розрахунку:

внутрішній діаметр апарату D , м	2,2;
товщина стінки днища S , м	0,003;
прибавка C , м	0,0012;
тиск P , МПа	0,6;
коефіцієнт міцності зварного шва ϕ	0,9;
маса апарата $m_{\text{ап}}$, кг	1300;
маса води в апараті m_3 , кг	4185;
маса охолоджуючого середовища $m_в$, кг	225.

Розраховуємо осьову стискаючу силу, яка діє у нижньому перерізі опорної обичайки в режимі експлуатації P_1 , МН :

$$P_1 = (m_{\text{ап}} + m_3 + m_в) g = (1300 + 4185 + 225) \cdot 9,81 = 56020 \text{ Н} = 0,056 \text{ .}$$

Приведене навантаження становить 0,056МН, за ним з [28] вибираємо опору з геометричними розмірами, які наведені у таблиці 4.2. Розрахункова схема приведена на рисунку 4.7.

					ЛН81мп.061512.001	

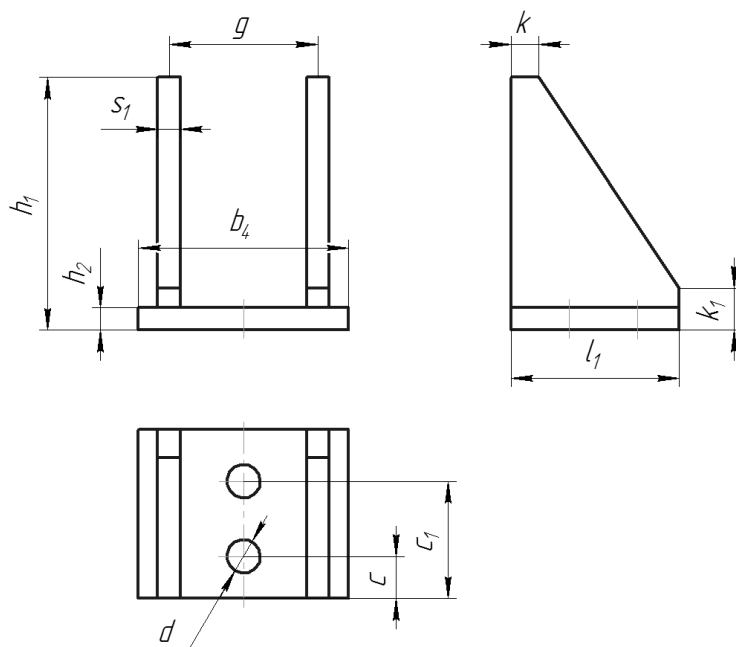


Рисунок 4.7 – Конструкція опорних лап

Таблиця 4.2 Геометричні розміри опори

b_4 , мм	230
c , мм	60
c_1 , мм	130
d , мм	35
d_B	M30
g , мм	160
h_1 , мм	360
h_2 , мм	24
K , мм	35
K_1 , мм	70
l_1 , мм	230
S_1 , мм	12
H , мм	620

Відстань між точкою прикладання зусилля та обичайкою, м:

$$e_1 = \frac{5l_1}{6} = \frac{5 \cdot 0,23}{6} = 0,192.$$

Загальні мембранні напруження, МПа:

$$\bar{\sigma}_m = \frac{pD}{2(S-C)} = \frac{0,1 \cdot 1,8}{2(0,003 - 0,0012)} = 0,003.$$

Коефіцієнт $K_2 = 1$.

Коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$\vartheta_2 = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\bar{\sigma}_m}{[\sigma] \phi} = \frac{1}{1,5} \cdot \frac{0,003}{260 \cdot 0,9} = 8,5 \cdot 10^{-6}.$$

Оскільки $\vartheta > 0$, тоді $\vartheta_1 = 0,3$.

Коефіцієнт K_1 :

$$K_1 = \frac{1 + 3\vartheta_1\vartheta_2}{3\vartheta_1^2} \cdot \left(\pm \sqrt{\frac{9\vartheta_1^2(1 - \vartheta_2^2)}{(1 + 3\vartheta_1\vartheta_2)^2} + 1} - 1 \right) = \frac{1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 8,5 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 0,3^2} \times$$
$$\times \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot 0,3^2(1 - 8,5 \cdot 10^{-6})}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 8,5 \cdot 10^{-6})^2} + 1} - 1 \right) = 1,278.$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи, МПа:

$$[\sigma_i] = K_1[\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 1,27 \cdot 260 \cdot \frac{1,5}{1} = 495,3.$$

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання лап до апарату:

$$u = \ln \frac{D}{2(S-C)} = \ln \frac{1,8}{2(0,003 - 0,0012)} = 6,2;$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D} = \ln \frac{0,36}{1,8} = -1,61;$$

$$y_1 = \ln \frac{b_4}{D} = \ln \frac{0,23}{1,8} = -2,05.$$

Коефіцієнт K_7 :

$$\begin{aligned} & \left(\begin{aligned} & -5,964 - 11,395u - 18,984y - 2,713u^2 - 7,286uy - \\ & -2,042y^2 + 0,1322u^3 + 0,4833u^2y + 0,8469uy^2 + 1,428y^2 \end{aligned} \right) 10^{-2} = \\ & = \left[\begin{aligned} & -5,964 - 11,395 \cdot 6,2 - 18,984 \cdot (-1,61) - 2,413 \cdot 6,2^2 - 7,286 \cdot 6,2 \cdot (-1,61) - \\ & -2,042 \cdot (-1,61)^2 + 0,1322 \cdot 6,2^3 + 0,4833 \cdot 6,2^2 \cdot (-1,61) + 0,8469 \cdot 6,2 \cdot (-1,61)^2 + \\ & + 1,428 \cdot (-1,61)^2 \end{aligned} \right] \cdot 10^{-2} = \\ & = -0,4457 ; \\ & K_7 = |z| = 0,4457 . \end{aligned}$$

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки без підкладки, МН:

$$\begin{aligned} F_1 = F_1^{(3)} &= \frac{m_{an}}{3} + \frac{M}{0,866(D + 2(e_1 + S))} = \frac{1300}{3} + \frac{0}{0,866(1,8 + 2(0,192 + 0,003))} = \\ &= 0,000433. \end{aligned}$$

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] h_1 (S - c)^2}{K_7 e_1} = \frac{495,3 \cdot 0,36(0,003 - 0,0012)^2}{0,4457 \cdot 0,192} = 0,0067 .$$

Умова несучої спроможності опорного вузла без підкладного листа, МН:

$$\begin{aligned} F_1 &\leq [F_1], \\ 0,000433 &< 0,0067. \end{aligned}$$

Умова міцності виконується.

Висновки: вибрана опора 5-3000-160-32-840 [48] із висотою 0,62 м, задовольняє умову міцності.

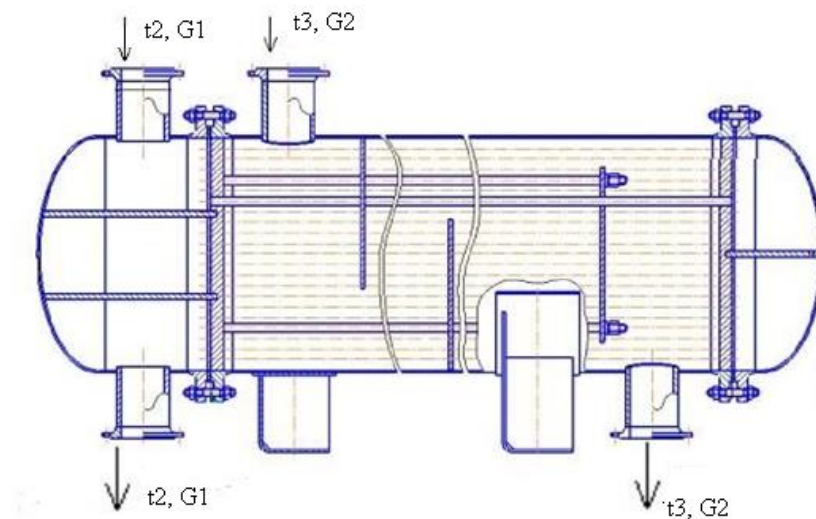
					ЛН81мп.061512.001	

4.7 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

4.8 Розрахунок теплообмінника

Мета розрахунку: визначити поверхню теплообміну теплообмінника та його основні геометричні розміри.

Розрахункову схему наведено на рисунку 4.1.



Рисунку 4.1 Розрахункова схема теплообмінника

Вихідні дані:

продуктивність етиленгліколю G_1 , кг/с	1,55;
температура конденсації парів t_1 , ($^{\circ}\text{C}$)	420 (147);
початкова температура води t_2 , К ($^{\circ}\text{C}$)	363 (90);
кінцева температура води t_3 , К ($^{\circ}\text{C}$)	413(140).

Розрахунок проводиться за методикою наведеною в [26].

1. Температурні умови процесу, $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_n = t_1 - t_2 = 147 - 90 = 57.$$

$$\Delta t_k = t_1 - t_3 = 147 - 140 = 7.$$

Так як $\Delta t_n / \Delta t_k = 57 / 7 = 8,1 > 2$, Тоді середня рушійна різниця температур, розраховується як середньологарифмічна, C° :

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}} = \frac{57 - 7}{\ln \frac{57}{7}} = 23,8.$$

Схема руху теплоносіїв зображена на рисунку 4.2.

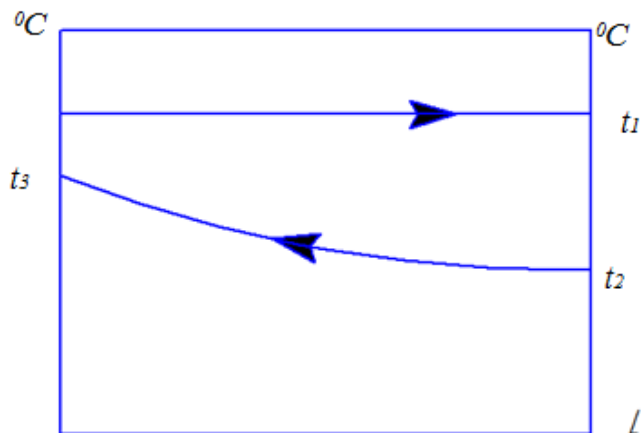


Рисунок 4.2 – Схема руху теплоносіїв

Середня температура води, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_{cp} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{90 + 140}{2} = 115.$$

Теплове навантаження, Вт:

$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 (t_3 - t_2) = 1,55 \cdot 4,24 \cdot 10^3 \cdot (140 - 90) = 3,28 \cdot 10^5 ,$$

де $c_2 = 4,24 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$ – питома теплоємність розчину етиленгліколю.

Масові витрати пари, кг/с:

$$Q_1 = Q_2 \cdot 1,05 = 3,286 \cdot 10^5 \cdot 1,05 = 3,45 \cdot 10^5.$$

Звідки масова витрата води, кг/с:

$$G_1 = \frac{Q_1}{r_1} = \frac{345000}{2263 \cdot 10^3} = 0,152.$$

де $r_2 = 2263 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ – питома теплота води при тиску 0,1 МПа та $t_{cp} = 115$.

Приймаємо орієнтоване значення коефіцієнта теплопередачі для теплообмінних апаратів типу «пара-рідина», $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{K}$:

$$K_{op} = 500.$$

Орієнтована поверхня теплообміну, м^2 :

$$F_{op} = \frac{Q_1}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{345000}{500 \cdot 23,84} = 28,94.$$

					ЛН81мп.061512.001	

Орієнтована довжина труб, м:

$$L_n = \frac{F_{op}}{\pi d} = \frac{28,94}{3,14 \cdot 0,025} = 368,5.$$

Попередньо приймаємо двох ходовий теплообмінний апарат діаметром 400 мм, довжина труб якого 2 м, а поверхня теплообміну 21 м².

Розрахуємо, яка кількість трубок діаметром 25х2 мм, знадобиться на один хід в трубному просторі при турбулентному режимі руху. Приймаємо Re = 12000: Кількість трубок на один хід, шт:

$$n_{\text{один хід}} = \frac{G_2}{Re \cdot 0,785 \cdot \mu_2 \cdot d_1} = \frac{1,55}{12000 \cdot 0,785 \cdot 0,245 \cdot 10^{-3} \cdot 0,021} = 47,9.$$

Приймаємо $n_{\text{один хід}} = 48$.

де $\mu_2 = 0,245 \cdot 10^{-3} \text{ (н} \cdot \text{сек / м}^2 \text{)}$ – в'язкість води при температурі t_{cp} .

Швидкість води з фізичних властивостей критерію Рейнольдса, м/с:

$$w = \frac{G_2}{0,785 \cdot d_1^2 \cdot n_{\text{один хід}} \cdot \rho_2} = \frac{1,55}{0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 48 \cdot 946} = 0,139.$$

Уточнюємо критерій Рейнольдса:

$$Re_2 = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,139 \cdot 0,021 \cdot 946}{0,245 \cdot 10^{-3}} = 13440.$$

Критерій Нусельта в трубному просторі становить:

$$\begin{aligned} Nu &= 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_1^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,021 \cdot 13440^{0,8} \cdot 0,99^{0,36} \cdot \left(\frac{0,99}{1,1} \right)^{0,25} = 40,913. \end{aligned}$$

де $Pr_1 = 0,99$ – критерій Прандтля етиленгліколю при температурі t_{cp} .

Скориставшись поправкою Міхеєва, маємо:

$$Pr_{cm} = \frac{Pr_1}{0,9} = 1,1.$$

Коефіцієнт тепловіддачі в трубному просторі, Вт·м²/ К:

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_1 \cdot Nu}{d_1} = \frac{0,685 \cdot 40,913}{0,021} = 1335.$$

де $\lambda_1 = 0,685 \left(\frac{Вт}{м \cdot К} \right)$, - коефіцієнт теплопровідності води при середній температурі води.

					ЛН81мп.061512.001	

Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку суміші води з етиленгліколем, що конденсується:

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \lambda \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho^2 \cdot L_n}{\mu \cdot G_1}} = 3,78 \cdot 0,685 \cdot \sqrt[4]{\frac{946^2 \cdot 368,5}{0,02 \cdot 10^{-6} \cdot 0,152}} = 4138.$$

де λ , ρ потрібно брати при температурі плівки конденсату, Вт·м²/С⁰

$$t_{nl} = \frac{t_{cp} + t_k}{2} = \frac{115 + 7}{2} = 61.$$

6. Опір стінки та забруднень

$$r_{cm} = \frac{1}{r_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{2000} = 0,7154 \cdot 10^{-4}.$$

Приймаємо термічний опір стінки зі сторони етиленгліколю та води однаковий, що становить 1/5800 Вт/(м·К), тоді термічний опір забруднень:

де $\lambda_{ст} = 46,5$ Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності сталюї стінки;

$\delta_{cm} = 0,002$ м - товщина стінки труби;

r_1, r_2 - прийнятий опір забруднень з боку етиленгліколю та води.

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К):

$$K = \frac{1}{r_{cm} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_1}} = \frac{1}{0,7154 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{1335} + \frac{1}{4138}} = 586,018.$$

Площа поверхні теплообміну, м²:

$$F_1 = \frac{Q_1}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{345000}{586,018 \cdot 23,84} = 24,6.$$

Знайдемо довжину труб теплообмінника, м:

$$L = \frac{F_1}{d_1 \cdot \pi} = \frac{24,6}{0,025 \cdot 3,14} = 191,3.$$

Кількість труб в одному ході – 48 шт.

7. Визначення питомого теплового навантаження

Для визначення коефіцієнту тепловіддачі на зовнішній поверхні труби (процес кипіння) використаємо програму EXEL та наступний алгоритм:

Питомий тепловий потік через внутрішню поверхню каналу теплообмінника, Вт/м :

					ЛН81мп.061512.001	

$$q_{\text{конд}} = K \cdot \Delta t_{cp} = 586,018 \cdot 23,84 = 13970.$$

Той самий питомий потік тепла через стінку каналу теплообмінника забруднення на його поверхні, Вт/м :

$$t_{cm2} = t_1 - \frac{q_{\text{конд}}}{\alpha_2} = 147 - \frac{13970}{1172} = 136,5,$$

$$t_{cm1} = t_{cm2} - \frac{q_{\text{конд}} \cdot \delta_{cm}}{\lambda_{cm}} = 136,5 - \frac{13170 \cdot 0,002}{46,5} = 135,9,$$

$$\Delta t = t_{cm2} - t_{cm1} = 35,64 - 35,08 = 0,601,$$

Перевірка

$$\frac{|t_{cm2} - t_{cm1}|}{t_{cm2}} \cdot 100\% = \frac{|136,5 - 135,9|}{136,5} \cdot 100\% = 0,44 \leq 3,$$

$$F = \frac{|F_{op} - F_1|}{F_{op}} \cdot 100\% = \frac{|28,94 - 24,6|}{28,94} \cdot 100\% = 14,6\% \leq [20\%].$$

Друга ітерація

Питомий тепловий потік через внутрішню поверхню каналу теплообмінника, Вт/м :

$$q_{\text{конд}} = K \cdot t_{cm2} = 586,018 \cdot 136,5 = 80010.$$

Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку суміші води з гліцерином, що конденсується:

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \lambda \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho^2 \cdot Ln}{\mu \cdot G_1}} = 3,78 \cdot 0,68 \cdot \sqrt[4]{\frac{988^2 \cdot 2937}{652 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4}} = 3046.$$

де $\lambda_1 = 0,445 \left(\frac{Bm}{M \cdot K} \right)$, - коефіцієнт теплопровідності води при t_{cm2} середній

температурі води.

де λ , ρ , μ потрібно брати при температурі плівки конденсату t_{cm2} , Вт·м²/ К

$$K = \frac{1}{r_{cm} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_1}} = \frac{1}{0,975 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{4406} + \frac{1}{3046}} = 553,4.$$

					ЛН81мп.061512.001	

$$F_1 = \frac{Q_1}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{5431000}{553,4 \cdot 55,33} = 27,67.$$

$$F = \frac{|F_{op} - F_n|}{F_{op}} \cdot 100\% = \frac{|28,94 - 27,67|}{28,94} \cdot 100\% = 4,3\% \leq [5\%].$$

Обираємо теплообмінник:

Висновок: на основі проведених розрахунків визначено параметри конденсатора. За ГОСТ 15118-79 обираємо шести ходовий теплообмінний апарат діаметром 600 мм, довжина труб якого 2 м, а поверхня теплообміну 21 м.

4.9 Розрахунок діаметра штуцерів

Метою розрахунку є вибір стандартних штуцерів за тиском і умовним діаметром, що далі визначається.

Розрахункова схема штуцера наведена на рисунку 5.2

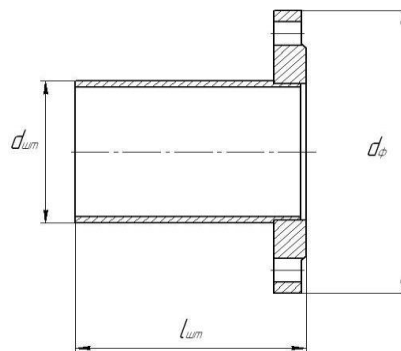


Рисунок 5.2—Розрахункова схема штуцера

Вихідні данні:

масова витрата пари $G_{пари}$, кг/с	0,152;
масова витрата води $G_{води}$, кг/с	1,55;
рекомендована швидкість для пари $W_{пари}$, м/с	20;
рекомендована швидкість для води $W_{води}$, м/с	1;
густина пари $\rho_{пари}$, кг/м ³	0,97;

					ЛН81мп.061512.001	

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [9].

Розраховуємо діаметр штуцера для входу і виходу етиленгліколю. Всі фізичні властивості відповідно вибираємо для етиленгліколю при середній температурі.

Розраховуємо діаметр штуцера для пари:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{пари}}{\rho_{пари} \cdot \pi \cdot W_{пари}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,152}{0,97 \cdot 3,14 \cdot 20}} = 100 \text{ мм.}$$

Розраховуємо діаметр штуцера для конденсату:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{пари}}{\rho_{води} \cdot \pi \cdot W_{води}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,152}{998 \cdot 3,14 \cdot 1}} = 14 \text{ мм.}$$

Розраховуємо діаметр штуцера для води:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{води}}{\rho_{води} \cdot \pi \cdot W_{води}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,55}{998 \cdot 3,14 \cdot 1}} = 44 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний штуцер (для входу пари) за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м	0,1;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,180;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,006;
висота штуцера, H_T , м	0,150.

Приймаємо стандартний штуцер (для входу і виходу води) за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м	0,0140;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,026;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,004;
висота штуцера, H_T , м	0,150.

Приймаємо стандартний штуцер (для виходу конденсату) за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м	0,044;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,084;

					ЛН81мп.061512.001	

товщина стінки патрубку, S_T , м	0,003;
висота штуцера, H_T , м	0,150.

Висновок: приймаємо штуцера діаметром 150 мм

4.10 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього надлишкового тиску

Мета: розрахувати товщину циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску з урахуванням додатків на корозію і перевірити її на міцність.

Розрахункова схема обичайки наведена на рисунку 4.4.

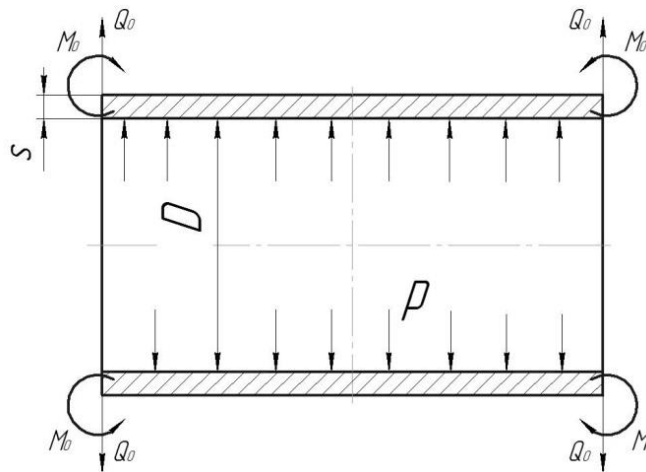


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Вихідні дані:

Діаметр апарата D , м	0,4
матеріал	09Г2С
Розрахункова температура стінки, °С	147
Допустиме напруження, МПа, $[\sigma]$	196
розрахунковий тиск, МПа, p_R	0,3
коефіцієнт міцності зварного шва, φ	0,9
проникненість, м/рік, Π	0,00005
термін служби апарату T , років	10

					ЛН81мп.061512.001	

Розрахункова товщина стінки,м:

$$S_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\phi - p_R} = \frac{1 \cdot 0,4}{2 \cdot 196 \cdot 0,9 - 2,4} = 0,004.$$

Додаток до розрахункової товщини стінки:

$$C = IT + C_2 + C_3 = 0,00005 \cdot 10 + 0,0003 + 0 = 0,0008 \text{ м},$$

де C_2 - додаток до розрахункової товщини, який враховує від'ємний допуск,

$$C_2 = 0,0003 \text{ м};$$

C_3 - технологічний додаток до розрахункової товщини, що враховує можливе

зтоншення листа металу, $C_3 = 0 \text{ м}$.

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки,м:

$$S \geq S_R + C = 0,004 + 0,0008 = 0,0048.$$

З конструктивних міркувань приймаємо $S = 0,004 \text{ м}$.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 0,9(0,01 - 0,0008)}{0,4 + 0,01 - 0,0008} = 5,3 \text{ МПа}.$$

Перевіряємо умову міцності, МПа:

$$p_R \leq [p],$$

$$0,3 < 5,3.$$

Умова міцності виконується.

Висновок: для колонних апаратів визначена товщина стінки циліндричної обичайки приймається $S=0,004 \text{ м}$ забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень. Перевіряємо допустимий тиск для обичайки товщиною $S=0,04 \text{ м}$.

4.11 Розрахунок укріплення отворів

Метою розрахунку є визначення товщини стінки штуцера, яка буде достатньою для укріплення отворів.

					ЛН81мп.061512.001	

Вихідні дані:

діаметр штуцера входу і виходу етиленгліколю, d_G , м	0,150;
діаметр штуцера для входу і виходу води, d_L , м	0,1;
матеріал	09Г2С;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	196;
тиск пари у міжтрубному просторі p_1 , МПа	0,3;
діаметр обичайки D_B , м	0,4;
товщина стінки обичайки S , м	0,01;
товщина стінки обичайки без прибавки S' , м	0,004;
прибавки C_k , м	0,0008.

Найбільший допустимий діаметр отвору обичайки, який не потребує укріплення (не враховуючи наявності приварених штуцерів), м [6]:

$$d_o = 2 \cdot \left[\left(\frac{S - C_k}{S'} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_g \cdot (S - C_k) - C_k} \right] =$$

$$= 2 \cdot \left[\left(\frac{0,01 - 0,0008}{0,003} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{0,8 \cdot (0,01 - 0,0008) - 0,0008} \right] = 0,661.$$

$$0,150 < 0,661$$

Діаметри прийнятих штуцерів менші за найбільший допустимий діаметр отвору обичайки, який не потребує укріплення.

4.12 Розрахунок еліптичної кришки під дією внутрішнього надлишкового тиску

Метою розрахунку є визначення товщини стінки стандартного еліптичного днища та перевірка умови міцності.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.6.

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м	0,4;
матеріал	09Г2С;
розрахункова температура стінки	8;

					ЛН81мп.061512.001	

допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	196;
розрахунковий тиск p_R , МПа	2,4;
коефіцієнт міцності зварного шва φ	0,9;
проникненість Π , м/рік	0,00005;
термін служби апарату T , років	10.

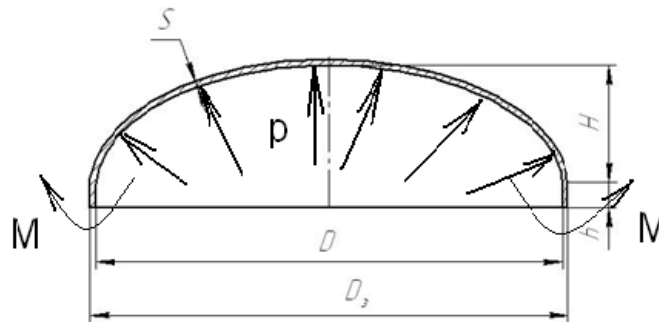


Рисунок 4.6 Розрахункова схема еліптичного днища

Обчислимо розрахункову товщину стінки стандартного еліптичного днища, м [5]:

$$S_R = \frac{p_R R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot p_R} = \frac{2,4 \cdot 0,2}{2 \cdot 196 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 2,4} = 0,002 ,$$

де R – радіус стандартного еліптичного днища, $R=0,3$ м.

Додаток до розрахункової товщини стінки, м:

$$C = \Pi T + C_2 + C_3 = 0,00005 \cdot 10 + 0,0003 + 0 = 0,0008 ,$$

де C_2 - додаток до розрахункової товщини, який враховує від'ємний допуск, $C_2 = 0,0003$ м;

C_3 - технологічний додаток до розрахункової товщини, що враховує можливе стоншення листа металу, $C_3 = 0$ м.

Виконавча товщина стінки еліптичного днища, м:

$$S \geq S_R + C = 0,002 + 0,0008 = 0,0028 .$$

Приймаємо $S = 0,004$ м.

З конструктивних міркувань приймаємо товщину стінки днища $S = 0.01$ м.
Перевіряємо чи виконується умова міцності, МПа.

					ЛН81мп.061512.001	

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{R + 0,5(S - C)} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 0,9(0,01 - 0,0008)}{0,3 + 0,5(0,01 - 0,0008)} = 10,6.$$

Умова міцності, МПа:

$$p_R \leq [p], 2,4 < 10,6.$$

Умова міцності виконується.

Висновок: як бачимо допустимий внутрішній тиск більший за робочий. Отже, кришка товщиною $S=8$ мм витримає робочі навантаження.

4.13 Розрахунок кожуха і труб апарата на міцність та стійкість

Мета розрахунку: перевірити кожух і труби апарата на міцність та стійкість.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.6.

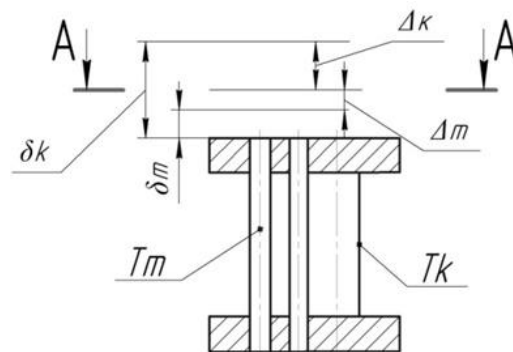


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема переміщень кожуха та труб

Вихідні дані:

Діаметр кожуха D , м	0,4;
Товщина стінки кожуха s , м	0,008;
Теплообмінні труби $d \times s$, мм	25×2;
Довжина труб L , м	2;
Розрахунковий тиск у трубному просторі $P_{\text{тр}}$, МПа	2,4;
Розрахунковий тиск у міжтрубному просторі $P_{\text{м.тр}}$, МПа	0,3;
Температура кожуха t_k , °C	120;
Температура труб t_t , °C	214;
Матеріал кожуха	12X18H10T;
Матеріал труб	12X18H10T;

					ЛН81мп.061512.001	

Коефіцієнт лінійного розширення кожуха $\alpha_k, ^\circ C^{-1}$	$17 \cdot 10^{-6};$
Коефіцієнт лінійного розширення труб $\alpha_t, ^\circ C^{-1}$	$13,1 \cdot 10^{-6};$
Модуль пружності для кожуха $E_k, \text{МПа}$	$1,996 \cdot 10^5;$
Модуль пружності для труб $E_t, \text{МПа}$	$1,796 \cdot 10^5;$
Допустиме напруження для матеріалу кожуха $[\sigma]_k, \text{МПа}$	171,6;
Допустиме напруження для матеріалу труб $[\sigma]_t, \text{МПа}$	134,9.
Розрахунок ведеться згідно [17].	

Поперечний переріз кожуха, м^2 :

$$F_k = \pi D s = 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,008 = 0,015.$$

Поперечний переріз труб, м^2 :

$$F_t = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_{\text{вн}}^2) \cdot n = \frac{3,14}{4} (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 204 = 0,029.$$

Зусилля, яке виникає у кожусі та трубах, МН:

$$Q' = \frac{\pi}{4} (D^2 - n \cdot d^2) \cdot p_m + \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n \cdot p_t =$$

$$= \frac{3,14}{4} (0,4^2 - 204 \cdot 0,025^2) \cdot 0,3 + \frac{3,14}{4} \cdot 0,021^2 \cdot 718 \cdot 2,4 = 0,224.$$

Зусилля, яке виникає у кожусі, МН:

$$Q'_k = \frac{Q' \cdot E_k \cdot F_k}{E_k \cdot F_k + E_t \cdot F_t} = \frac{0,224 \cdot 1,996 \cdot 10^5 \cdot 0,015}{1,996 \cdot 10^5 \cdot 0,015 + 1,796 \cdot 10^5 \cdot 0,029} = 0,081.$$

Зусилля, яке виникає у трубах, МН:

$$Q'_t = \frac{Q' \cdot E_t \cdot F_t}{E_k \cdot F_k + E_t \cdot F_t} = \frac{0,224 \cdot 1,796 \cdot 10^5 \cdot 0,029}{1,996 \cdot 10^5 \cdot 0,015 + 1,796 \cdot 10^5 \cdot 0,029} = 0,143.$$

Перевірка, МН:

$$Q' = Q'_k + Q'_t,$$

$$0,224 = 0,081 + 0,143 = 0,224.$$

Напруження кожуха та труб відповідно становлять, МПа:

$$\sigma'_k = \frac{Q'_k}{F_k} = \frac{0,082}{0,015} = 5,46,$$

$$\sigma'_t = \frac{Q'_t}{F_t} = \frac{0,158}{0,029} = 5,44.$$

Перевірка умови міцності кожуха та труб, МПа:

$$\sigma \leq [\sigma],$$

					ЛН81мп.061512.001	

$$\sigma'_k = 5,46 \leq [\sigma]_k \cdot \varphi = 171,6 \cdot 0,8 = 137,3,$$

$$\sigma'_T = 5,44 \leq [\sigma]_T = 134,9.$$

Висновок: умови міцності кожуха та труб виконуються.

Визначення зусиль та напружень, викликаних різницею температур.

Зусилля що виникає в кожусі під дією температурних навантажень, МН:

$$Q_k'' = \frac{[\alpha_T(t_T - t_M) - \alpha_k(t_k - t_M)] \cdot E_k \cdot F_k \cdot E_T \cdot F_T}{E_k \cdot F_k + E_T \cdot F_T} =$$

$$= \frac{[13,1 \cdot 10^{-6} \cdot (214 - 20) - 17 \cdot 10^{-6} \cdot (120 - 20)] \cdot 1,996 \cdot 10^5 \cdot 0,029 \cdot 1,796 \cdot 10^5 \cdot 0,015}{1,996 \cdot 10^5 \cdot 0,029 + 1,796 \cdot 10^5 \cdot 0,015} = 1,615.$$

Відносні видовження, м:

$$\Delta_k = \frac{Q_k'' \cdot L_k}{E_k \cdot F_k} = \frac{1,615 \cdot 2}{1,996 \cdot 10^5 \cdot 0,015} = 1,073 \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta_T = \frac{Q_T'' \cdot L_T}{E_T \cdot F_T} = \frac{1,615 \cdot 2}{1,796 \cdot 10^5 \cdot 0,029} = 6,099 \cdot 10^{-4}.$$

Абсолютні видовження, м:

$$\delta_k = \alpha_k \cdot L_k \cdot (t_k - t_M) = 17 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot (120 - 20) = 3,4 \cdot 10^{-3},$$

$$\delta_T = \alpha_T \cdot L_T \cdot (t_T - t_M) = 13,1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot (214 - 20) = 5,083 \cdot 10^{-3}.$$

Перевірка:

$$\delta_T - \delta_k = \Delta_k + \Delta_T,$$

$$5,083 \cdot 10^{-3} - 3,4 \cdot 10^{-3} = 1,073 \cdot 10^{-3} + 6,099 \cdot 10^{-4},$$

$$1,683 \cdot 10^{-3} = 1,683 \cdot 10^{-3}.$$

Напруження що виникають в трубах та кожусі, МПа:

$$\sigma_k'' = \frac{Q_k''}{F_k} = \frac{1,615}{0,015} = 107,075,$$

$$\sigma_T'' = \frac{Q_T''}{F_T} = \frac{1,615}{0,029} = 54,77.$$

Умова міцності, МПа:

$$\sigma_k'' \leq [\sigma]_k; 107,075 \text{ МПа} \leq 171,6,$$

$$\sigma_T'' \leq [\sigma]_T; 54,77 \text{ МПа} \leq 134,9.$$

Умова міцності виконується.

Перевіримо кожух на стійкість.

Момент інерції поперечного перерізу, м⁴:

					ЛН81мп.061512.001	

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - D_{\text{вн}}^4) = \frac{3,14}{64} (0,6^4 - 0,584^4) = 6,519 \cdot 10^{-4}.$$

Радіус інерції поперечного перерізу, м:

$$i = \sqrt{\frac{I}{F_k}} = \sqrt{\frac{6,519 \cdot 10^{-4}}{0,015}} = 0,208.$$

Гнучкість буде дорівнювати:

$$\lambda = \frac{L_{\text{тр}}}{i} = \frac{4}{0,208} = 19,2.$$

Приведена довжина, м:

$$L_{\text{тр}} = \nu \cdot L = 2 \cdot 2 = 4,0 ,$$

де ν - коефіцієнт зведення довжини, $\nu = 2$

Отже, при $\lambda = 19,2$ $\varphi_c = 0,983$

$$\sigma_k'' \leq [\sigma]_k \cdot \varphi_c,$$

$$107,075 \text{ МПа} \leq 171,6 \cdot 0,983 = 168,7 \text{ МПа}.$$

Умова стійкості виконується.

Висновок: умова на міцність та стійкість кожух і труби апарат виконується.

4.14 Розрахунок трубної решітки

Мета розрахунку: розрахувати товщину трубної решітки та перевірити міцність кріплення труб у трубній решітці.

Схема кріплення труб до трубної решітки зображена на рисунку 4.7.

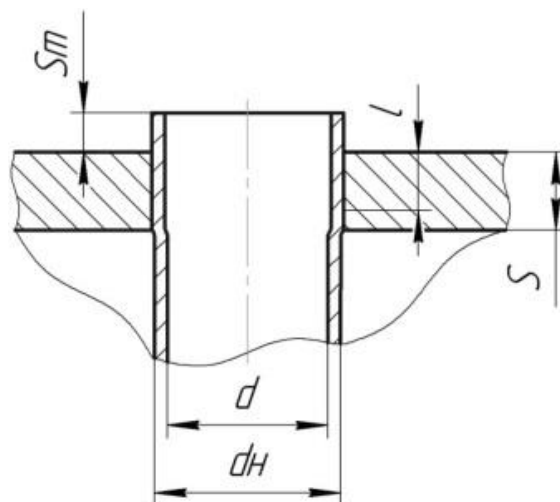


Рисунок 4.7– Схема кріплення труб до трубної решітки

Вихідні дані:

Діаметр камери D_k , м	0,4;
Товщина стінки корпусу S_k , м	0,008;
Труби $d_n \times S$, мм	25×2;
Кількість трубок n , шт	204;
Крок труб t , мм	32,0;
Довжина труб L , м	2;
Матеріал трубної решітки [14]	12X18H10T;
Розрахунковий тиск перегрітої води P_t , МПа	2,4;
Розрахунковий тиск у між трубному просторі P_m , Мпа	0, 3.
Розрахунок ведеться згідно методики [17].	

Вибираємо тип закріплення труб в трубній решітці –вальцювання без канавок, оскільки тиск в апараті менше 0,6 МПа.

Загальний переріз розподільчої камери, m^2 :

$$F = \frac{\pi D_k^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,283.$$

Загальний поперечний перетин труб, m^2 :

$$F_0 = \frac{\pi d_n^2}{4} \cdot n = 3,14 \cdot \frac{0,025^2}{4} \cdot 204 = 0,1.$$

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами:

$$\varphi_0 = \frac{F - F_0}{F} = \frac{0,283 - 0,1}{0,283} = 0,646.$$

Розрахункова товщина трубної решітки, м:

$$s_{Rp} = 0,5 D_k \sqrt{\frac{[p_t - p_m]}{[\sigma]_p} \cdot \varphi_0} = 0,5 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{\frac{2,4 - 0,3}{134,9 \cdot 0,683}} = 0,0312 \text{ м} = 0,045,$$

де $[\sigma]_p$ - допустиме напруження решітки (як і для труб), $[\sigma]_p = 134,9$ МПа.

Виконавча товщина трубної решітки, мм:

$$s_R = s_{Rp} + c = 45 + 2 = 47.$$

З конструктивних міркувань приймаємо товщину трубної решітки

$$s_R = 47 \text{ мм}.$$

Зусилля, які виникають у місці кріплення труб, Н:

					ЛН81мп.061512.001	

$$Q_{T1} = \frac{\max\{Q'_T; Q''_T\}}{n} = \frac{4,293 \cdot 10^6}{204} = 7843,0.$$

Перевірка міцності з'єднання труб, Н:

$$Q_{T1} \leq [q] \cdot l \cdot d_n,$$

$$Q_{T1} = 7843 \leq 14,7 \cdot 10^6 \cdot 0,033 \cdot 0,025 = 12128,0,$$

де l - глибина вальцювання, $l = 0,033$ м;

$[q]$ – питоме допустиме зусилля, яке забезпечує міцність кріплення

$[q] = 14,7$ МПа[17].

Висновок: умова міцності кріплення труб виконується; товщина трубної решітки розрахована правильної дорівнює 47 мм.

4.15 Розрахунок товщини теплової ізоляції

Вихідні дані:

температура навколишнього середовища, $t, ^\circ \text{C}$ 20;

температура в середині апарата, $t, ^\circ \text{C}$ 147;

Призначення теплової ізоляції – зменшення втрат тепла в навколишнє середовище з метою економії палива, забезпечення температурних умов технологічного процесу й підтримка необхідних санітарно-гігієнічних умов праці. За допомогою теплової ізоляції можна знизити втрати тепла в навколишнє середовище на 75-85% у порівнянні із втратами неізольованої поверхні.

Як ізоляція можуть застосовуватися найрізноманітніші матеріали з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda < 0,2$ кДж/м·К. Проте низька величина λ ще не визначає всіх властивостей ізоляції які повинні бути враховані при її виборі.

До ізоляції повинні бути висунуті наступні вимоги:

- 1) вона повинна мати малу об'ємну вагу, що характеризує таку позитивну якість, як пористість (у порах знаходиться повітря, що має $\lambda = 0,02$ кДж/м·К;
- 2) ізоляція повинна відрізнятися малою гігроскопічністю, тому що при поглинанні вологи зростає λ ;
- 3) вона повинна зберігати свої якості при впливі різних температур, тобто володіти температуростійкістю;

					ЛН81мп.061512.001	

4) повинна мати термостійкість, тобто витримувати температурні коливання без порушення структури;

5) повинна відрізнятися механічною міцністю (при натиску, струсі, ударі) і протидіяти хімічним впливам;

6) ізоляція повинна мати пластичність, не давати тріщин й усадки та випливати з розширенням апарата або трубопроводу;

7) нарешті, ізоляція повинна бути безпечною в пожежному відношенні, довговічна (не розпадатися, не гнити).

Вибираємо в якості матеріалу для теплової ізоляції совеліт (85% магнезії + 15 % азбесту), який має коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м К):

$$\lambda = 0,051.$$

Температура точки роси, °С:

$$t_p = \frac{b \cdot \left(\frac{a \cdot t}{b + t} + \ln RH \right)}{a - \left(\frac{a \cdot t}{b + t} + \ln RH \right)} = \frac{237,7 \cdot \left(\frac{17,27 \cdot 20}{237,7 + 20} + \ln 0,60 \right)}{17,27 - \left(\frac{17,27 \cdot 20}{237,7 + 20} + \ln 0,60 \right)} = 11,993.$$

$$t_{iz} = t_p.$$

Температура стінки апарата, °С:

$$t_{cm} = t_a = 147.$$

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м² · К):

$$\alpha = 9,3 + 0,058 t_{iz} = 9,3 + 0,058 \cdot 11,993 = 9,996.$$

Теплові втрати, Вт:

$$\Theta_{\text{втр}} = \frac{\lambda_{iz}}{\delta_{iz}} (t_{\text{ст}} - t_{iz}) = \frac{0,051}{0,05} \cdot (147 - 20) = 129,54;$$

$$\Theta_{\text{втр}} = \alpha (t_{\text{ст}} - t) = 9,996 \cdot (147 - 20) = 1269,$$

де $\Theta_{\text{втр}}$ – втрати теплоти ізольованим апаратом;

λ_{iz} – теплопровідність ізоляції;

t_{iz} і $t_{\text{вн}}$ – температура зовнішньої поверхні ізоляції та повітря в приміщенні.

Товщина теплової ізоляції, м:

					ЛН81мп.061512.001	

$$\delta_{iz} = \frac{\lambda_{iz}(t_{ct} - t_{iz})}{\alpha(t_{ct} - t_{bh})} = \frac{0,051(147 - 11,993)}{9,996(147 - 20)} = 0,0054 \text{ .}$$

Приймаємо товщину теплової ізоляції, м:

$$\delta_{iz} = 0,006 \text{ .}$$

Висновок: приймаємо товщину теплової ізоляції 6 мм.

					ЛН81мп.061512.001	

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Згідно з законом про охорону праці, на все нове обладнання та технологічні процеси необхідно розробити безпечні умови праці при експлуатації та виключити похідні шкідливості та небезпеки для працюючих.

Тема магістерської дисертації – «Розроблення теплообмінника та апарату з мішалкою для модернізації установки виробництва етиленгліколю».

Обслуговування апаратів здійснюється безперервно і цілодобово у 2 зміни – одним оператором (за зміну) – фахівцем, що пройшов інструктаж та склав кваліфікаційний іспит. Обслуговування установки відбувається в приміщенні цеху. $S=85 \text{ м}^2$; $V=350 \text{ м}^3$.

На робочих місцях оператора, шкідливими і небезпечними факторами є:

- параметри повітря робочої зони;
- враження електричним струмом;
- промислове освітлення;
- виробничий шум;
- вибухопожежо небезпека.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Повітря робочої зони

Необхідною умовою є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщення. Знешкодження дії таких небезпечних виробничих факторів, як газів і парів, пилу, надлишкової теплоти і вологи, і створення здорового повітряного середовища є важливим завданням, яке повинно здійснюватися комплексно, одночасно з вирішенням основних питань виробництва. Під час виробничого процесу в повітря робочої зони можливе потрапляння речовин з загально-токсичним впливом. В робочій зоні шкідливим хімічним складником повітря є пари етиленгліколю. Гранично допустимі концентрації (ГДК) у повітрі робочої зони для парів етиленгліколю – 30 мг/м^3 . Крім того, пари спирту у суміші з повітрям вибухонебезпечні. Вибух можливий при концентрації спирту у повітрі вище 3,6% об., або 68 г/м^3 .

					ЛН81мп.061512.001	

Повітря робочої зони відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». В цеху є відповідна контрольна, вимірювальна апаратура. Контроль за станом повітряного простору в приміщенні цеху та вмістом шкідливих речовин у ньому здійснюється газоаналізаторами та хімічними індикаторами, газосигналізаторами.

У приміщенні, де встановлена установка, повинні підтримуватися наступні умови:

В теплий період року

- швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с;
- відносна вологість не більше 60%;
- температура повітря 23 – 25 °С.

В холодний період року

- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с;
- відносна вологість не більше 60%;
- температура повітря 20 – 23 °С.

У зоні роботи оператора передбачається кондиціонування повітря за допомогою спліт-систем.

В усіх виробничих приміщеннях запроектоване парове опалення. З метою нормалізації повітря в приміщенні передбачені технологічні заходи:

- Герметизація технологічного устаткування.
- Передбачена місцева вентиляція приміщення де розташовано теплообмінник.

Оператори забезпечуються такими засобами індивідуального захисту:

- халати робочі;
- костюми робочі;
- ковпаки.

Враження електричним струмом

Приміщення ПУЄ відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Електричне устаткування на проектованій установці живиться від 3-х

					ЛН81мп.061512.001	

фазної 3-х провідної електричної мережі перемінного струму промислової частоти з ізолюваною нейтраллю напругою 380/220 В.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути такими:

- помилкове включення установки;
- пробій на корпус;
- втрата ізоляцією її властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть опинитися під напругою у випадку короткого замикання.

– випадки дотику персоналу до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;

Безпека експлуатації обладнання забезпечується рядом організаційних і технічних заходів захисту: використання малих напруг, захисним розділенням мереж, контролем і профілактикою пошкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням недоступності струмоведучих частин, застосуванням засобів індивідуального захисту і т. ін.

З метою запобігання травм визначені такі заходи безпеки:

- рубильники вмикання, установки знаходяться у спеціальній шафі;
- передбачається спеціальне захисне вимикання електродвигунів у випадку враження людини струмом;
- дроти проводяться в захисних рукавах;
- на панель керування виводяться сигнальні лампи індикації вмикання електроустаткування;
- в аварійному режимі заземлення.

Принцип захисту захисного заземлення у випадку мережі з ізолюваною нейтраллю на рисунку 5.1.

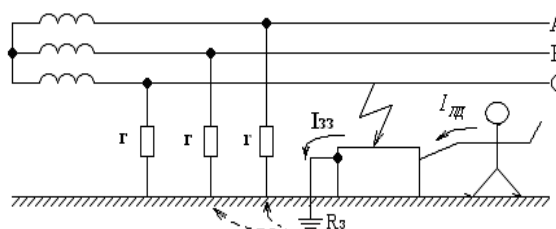


Рисунок 5.1 - Принцип захисту захисного заземлення

Призначення захисного заземлення: захист від напруги дотику, тобто від напруги на корпусі електроустановки (при пошкодженні робочої ізоляції і переході напруги металевому корпусі) відносно землі. В аварійному режимі захисне заземлення $= 3,8 \text{ Ом}$.

Виробниче освітлення

Для створення світлового комфорту на підприємствах хімічного машинобудування використовують: системне освітлення, штучне освітлення, суміщене освітлення.

Для роботи даного відділення застосовують суміщене освітлення.

Застосовувані джерела штучного світла: газорозрядні лампи та лампи накаливання.

Мінімальна освітленість за нормами $E = 200 \text{ лк}$.

Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою.

$$h_0 = H - h_c = 4,2 - 0,5 = 3,7 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення потужність до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою повинна бути $2,5 - 4,0 \text{ м}$, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку h_0 відповідає цій вимозі. $E_{\text{под}} = 200 \text{ лк}$. Лампи світлодіодні $W = 12 \text{ Вт}$, $\Phi = 4000 \text{ лм}$.

За табличними даними, вибираємо лампу потужністю 150 Вт , у кількості 30 шт. Світловий потік якої становить 2300 лм , фактична освітленість становить $E_f = 250 \text{ лк}$ (ДБНВ 2.5.28-2006).

Виробничий шум

Основним джерелом шуму в лінії виробництва етиленгліколю є: апарат з мішалкою, насоси та електродвигуни. $\Sigma = 65 \text{ дБА}$

Для зниження шуму зменшено сили збурення, збільшено час контакту елементів, що взаємодіють між собою, збільшено внутрішні витрати в системах, що коливаються, зменшено площу випромінювання звука.

Заходи що знижують шуми:

					ЛН81мп.061512.001	

- підвищенням якості балансування обертових деталей;
- підвищенням класу точності виготовлення деталей
- поліпшенням змащування;
- зміною підшипників кочення на підшипники ковзання;

Якщо рівень шуму залишається високим застосовують зниження шуму методом ізоляції джерела. Звукова ізоляція від повітряного шуму здійснюється за допомогою кожухів, екранів, перегородок.

З урахуванням зазначених заходів еквівалентний рівень шуму, що впливає на персонал протягом робочої зміни, не буде перевищувати припустимого - 65 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

Пожежна безпека та вибухонебезпека

На проектованій установці в приміщенні не використовуються вибухо, пожежонебезпечні речовини, а саме горючі гази, легкозаймисті рідини.

Таким чином приміщення належить до категорії Г.

Забезпечується ступінь вогнестійкості об'єкта II по СНиП 2.01.02-85.

Для забезпечення пожежної безпеки проектом передбачена система зв'язку та оповіщення, системи порошкового та пінного пожежогасіння, система протипожежного водопроводу, а також первинні засоби пожежогасіння.

Протипожежний водопровід забезпечує роботу зрошувальних систем виробничих приміщень.

На проектованій установці в приміщенні не використовуються вибухо - пожежонебезпечні речовини, а саме горючі гази, легкозаймисті рідини.

Таким чином приміщення належить до категорії Г.

Забезпечується ступінь вогнестійкості об'єкта II по СНиП 2.01.02-85.

Для забезпечення пожежної безпеки проектом передбачена система зв'язку та оповіщення, системи порошкового та пінного пожежогасіння, система протипожежного водопроводу, а також первинні засоби пожежогасіння.

					ЛН81мп.061512.001	

Протипожежний водопровід забезпечує роботу зрошувальних систем виробничих приміщень.

Для протипожежного захисту компресорної використовується система порошкового пожежегасіння – модулі порошкового пожежегасіння у вибухозахищеному виконанні, згідно ДБН В.2.5-13-98.

Зовнішнє пожежегасіння виробничого будинку здійснюється від пожежних гідрантів існуючої кільцевої протипожежної мережі.

Крім того, на установці передбачена наявність первинних засобів пожежегасіння: порошкових вогнегасників типу ОПС-6, ОП-1, СИ-120, пересувних вуглекисневих вогнегасників УП-1М, шухляд з піском.

План евакуації з приміщення на випадок виникнення пожежі зображено на рисунку 5.2.

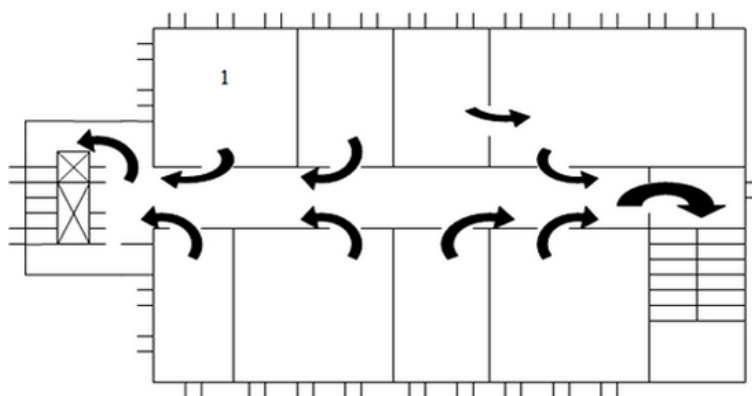


Рисунок 5.2 – План евакуації при пожежі

Висновок: Розроблені заходи що до вимог охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Надзвичайні ситуації

В нашому цеху стався вибух загальною масою горючої речовини – 50 т.
Характеристики елементів цеху:

будівля – зі збірного залізо бетону;

верстати – важкі;

кабельні лінії – наземні;

					ЛН81мп.061512.001	

контрольно-вимірювальна апаратура – наявна;

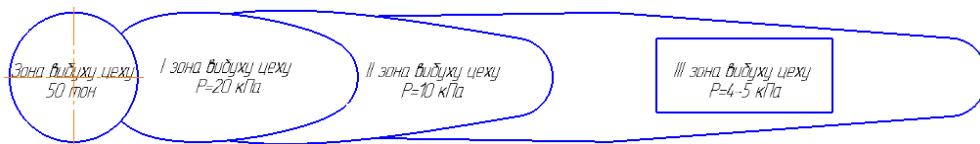
границі вогнетривкості несучих стін – 2 год; границі вогнетривкості перегородок – 0,25 год. Категорія виробництва з пожежної безпеки – В. Щільність забудови об'єкту – 25%.

Розрахункова частина:

Зона I : $r_1 = 225\text{м}$;

Зона II: $r_2 = 378\text{м}$;

Висновок: сусідній об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III).



$\Delta P_{\phi} = 4-5 \text{ кПа}$.

Ступінь руйнування сусідньої будівлі – середня. Характеристика руйнувань будівлі:

Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини;

Ступінь руйнування верстатів – слабкі. Характеристика руйнувань промислового обладнання:

Пошкодження окремих елементів обладнання, важелів управління, вимірювальних приладів;

Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – сильні;
Ступінь руйнування кабельних ліній – слабкі;

Ступінь ураження людей – від прямої дії – слабкі. Характеристика уражень людей:

Ступінь вогнестійкості– III ступінь вогнестійкості; Очікувана пожежна обстановка:

					ЛН81мп.061512.001	

для виробництва категорії пожежної небезпеки В, ступеня вогнестійкості будівель – III, при надмірному тиску 25 кПа і щільності забудови більше 20% можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1...2 год в суцільну.

Безпечна кількість вибухової речовини - менше 50 т.

Визначаємо безпечну кількість пропану для уникнення будь-яких руйнувань, тобто контрольно-вимірювальна апаратура вціліє, якщо кількість пропану буде менше 15 т.

Висновки: На відстані 800 м від цеху стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди. В першу чергу треба сповістити про надзвичайну ситуацію.

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

- укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм;
- верстати надійно закріпити на фундаменті, установити захисні навіси;
- кабельні лінії прокласти під землею;
- створити 50% запас контрольно-вимірювальної апаратури;
- установити на вікнах захисні металеві сітки;
- установити і контролювати стан вогнегасників та протипожежних систем;
- зменшити запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості.

					ЛН81мп.061512.001	

6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

Рекомендації з виготовлення обладнання

Обладнання, а також трубопроводи, електрообладнання, які входять в склад даної схеми, повинні бути складені опробовані, укомплектовані.

Даний пункт містить рекомендації щодо забезпечення нормальної експлуатації апаратів та умови проведення монтажу, які включають: спосіб проведення монтажу апаратів, вимоги щодо положення апаратів та окремих його частин, умови проведення випробувань, та шляхи забезпечення правильної експлуатації апаратів.

Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарата з мішалкою:

1. Установка призначена для роботи в опалюваних приміщеннях із невибухонебезпечним та хімічно неагресивним середовищем.

2. Установка може експлуатуватися у вибухобезпечному приміщенні, віднесеному за пожежонебезпеку до категорії Д і за безпекою враження електричним струмом до приміщень із підвищеною безпекою.

3. Розташування установки, рівень освітленості, опалення, вентиляція і температура у приміщенні повинні відповідати вимогам «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

4. Установка виготовлена у кліматичному виконанні УХЛ за [47] і може експлуатуватися при температурі навколишнього середовища від 5°C (278 K) до 35°C (318 K).

5. При роботі на установці необхідно дотримуватися правил техніки безпеки при роботі з тепловими насосами.

6. Ремонтні роботи повинні проводитися заводом-виробником або спеціалізованими підрозділами організації-користувача у відповідності до технічної документації установки.

Рекомендації щодо монтажу та експлуатації теплообмінника:

1. Установка призначена для роботи в опалюваних приміщеннях із невибухонебезпечним та хімічно неагресивним середовищем.

					ЛН81мп.061512.001	

2. Установка може експлуатуватися у вибухобезпечному приміщенні, віднесеному за пожежонебезпекою до категорії Д і за небезпекою враження електричним струмом до приміщень із підвищеною небезпекою.

3. Розташування установки, рівень освітленості, опалення, вентиляція і температура у приміщенні повинні відповідати вимогам «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

4. Установка виготовлена у кліматичному виконанні УХЛ за[47] і може експлуатуватися при температурі навколишнього середовища від 5°C (278 K) до 35°C (318 K).

5. При роботі на установці необхідно дотримуватися правил техніки безпеки при роботі з тепловими насосами.

6. Ремонтні роботи повинні проводитися заводом-виробником або спеціалізованими підрозділами організації-користувача у відповідності до технічної документації установки.

					ЛН81мп.061512.001	

7. Рівень стандартизації та уніфікації

У сучасних машинах та апаратах доволі швидко росте кількість комплектуючих елементів, росте складність їх зв'язків. Разом з цим ростуть строки проектування та виготовлення виробів. Одночасно ростуть і вимоги до якості виробів. Усунення цього протиріччя проводиться на шляху стандартизації та уніфікації.

Стандартизація – це процес встановлення та використання правил з метою впорядкування діяльності у даній області і для досягнення оптимальної економії із дотриманням функціональних умов і вимог безпеки. Основною метою стандартизації є підвищення якості продукції при мінімальних затратах на її виготовлення.

Під рівнем стандартизації розуміють ступінь насиченості виробу стандартними складовими елементами. Під стандартним елементом розуміють елемент, охоплений на рівні стандартів комплексом нормативно-технічної документації.

Під уніфікацією розуміють процес скорочення номенклатури виробів, близьких за функціональним призначенням.

Суть уніфікації – приведення процесу виготовлення виробу до одноманітності задля скорочення строків проектування та виготовлення.

Рівень стандартизації та уніфікації оцукрювача.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{ст} = \frac{n_{ст}}{n_{заг}} = \frac{16}{21} = 0,7619.$$

де $n_{ст}$ – кількість стандартних типорозмірів, $n_{ст} = 16$;

$n_{заг}$ – загальна кількість типорозмірів, $n_{заг} = 21$.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{ун} = \frac{n_{ст} + n_{ориг}}{n_{заг}} = \frac{16 + 3}{21} = 0,9047,$$

де $n_{ориг}$ – кількість оригінальних деталей, $n_{ориг} = 3$.

Рівень стандартизації та уніфікації бродильного апарата.

					ЛН81мп.061512.001	

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{cm} = \frac{n_{cm}}{n_{zag}} = \frac{16}{21} = 0,7619.$$

де n_{cm} – кількість стандартних типорозмірів, $n_{cm} = 16$;

n_{zag} – загальна кількість типорозмірів, $n_{zag} = 21$.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yn} = \frac{n_{cm} + n_{orig}}{n_{zag}} = \frac{16 + 3}{21} = 0,9047$$

де n_{orig} – кількість оригінальних деталей, $n_{orig} = 3$.

Рівень стандартизації та уніфікації конденсатора.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{cm} = \frac{n_{cm}}{n_{zag}} = \frac{128}{221} = 0,57,$$

де n_{cm} – кількість стандартних типорозмірів, $n_{cm} = 128$;

n_{zag} – загальна кількість типорозмірів, $n_{zag} = 221$.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yn} = \frac{n_{cm} + n_{orig}}{n_{zag}} = \frac{128 + 16}{221} = 0,65$$

де n_{orig} – кількість оригінальних деталей, $n_{orig} = 16$.

Висновки: розраховані значення коефіцієнтів стандартизації та уніфікації для апаратів підтверджують, що під час проектування за основу було обрано якомога більше стандартних, нормалізованих і уніфікованих конструктивних елементів, деталей та вузлів, що дозволяє спростити ремонт, обслуговування та заміну елементів конструкцій.

					ЛН81мп.061512.001	

8. Розроблення стартап-проекту

8.1 Опис ідеї проекту

Стартап має на меті впровадження новітніх технологій у всі сфери діяльності людини від малого, середнього до великого бізнесу. Основна ідея проекту наведена у таблиці 8.1 [49].

Таблиця 8.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея проекту полягає в наданні повного спектру інженерних аутсорсингових послуг	1.Інженерні послуги (розробка обладнання та модернізація обладнання) в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує розробку або модернізацію обладнання в короткі терміни, високої якості за більш низькою ціною.
	2.Дослідження та аналіз в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість комплексно перевірити здатність обладнання до виготовлення певних видів продукту або обладнання та перевірити їх якісні властивості.
	3.Фінансова звітність та консалтингові послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість контролювати свою фінансову звітність та отримати консультування з широкого кола питань у сфері фінансової, комерційної, технологічної, технічної діяльності.
	4.Розробка програмного забезпечення в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість отримати, якісні та сучасні розробки.

Такий підхід дає можливість надати повний спектр послуг користувачу. Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно з пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей ідею;
- визначено попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Характеристики ідеї	(потенційні) послуги конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Укроргсінтез	Хімаш	Хімнафтомашпроект			
Інженерні послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Має. Надає повний комплекс аутсорсингових послуг	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості	-	-	+ Конкуренти не спеціалізуються на нафтопереробній промисловості, лише у хімічній
Дослідження та аналіз в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	має	немає	має	немає	-	-	+
Фінансова звітність та консалтингові послуги	має	має	немає	немає	-	-	+
Розробка програмного забезпечення	має	немає	немає	немає	-	-	+
Послуги архітектора	немає	має	немає	має	+	-	-

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційних послуг, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 8.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Надання повного спектру інженерних аутсорсингових послуг	Створення веб сайту та оренда офісу з комп'ютерною технікою для роботи персоналу.	Дані технології існують. В розробці немає необхідності, оскільки залучатимуться освічені фахівці, що вже мають спеціальну інженерну освіту.	Так, дані технології доступні.

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є можливими.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні оператори ринку: Основними операторами ринку є державні та приватні конструкторські відділи, які виконують роботу тільки на власні підприємства та організації, що виконують консалтингові послуги в сфері інжинірингу, аудиту та аутсорсингу.

Таблиця 8.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців, од	3
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	990000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає

Продовження табл. 8.4

Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	79

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням. Економічні та соціальні тенденції ринку: На даний момент ринок знаходиться на стадії введення. Економічна ситуація в Україні та поступовий вхід України до Європейського Союзу вимагає перепрофілювання наших підприємств, збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій. Проведений аналіз вказує, що наразі консалтингові послуги мають тенденцію спаду, все це пов'язано з кризою в 2010, 2012 роках та військові дії на сході на початку 2014 року.

Ринок надання консалтингових послуг переважно розвивається після кризових періодів. На даний момент економіка України перебуває на етапі виходу з кризи, внаслідок чого розвиток консалтингового ринку розвивається повільно. Але в подальшому даний ринок може стрімко розвиватись, оскільки Україна вступила в зону вільної торгівлі з Європейським союзом. Саме це може спричинити ряд проблем на ринку України, оскільки виникає необхідність стандартизувати продукцію, що виробляється згідно вимог ЄС. Географічне розміщення споживачів даного ринку є неоднорідним по світу. Найбільше споживачів знаходиться в країнах, що розвиваються. Саме тому ринок інжинірингу, аудиту, аутсорингу є перспективним. Головною ціллю багатьох підприємств є перевага в конкуренції перед іншими конкурентами, тобто підприємства повинні бути конкурентоспроможними. Це можна зробити покращенням якості виготовленої продукції, зменшенням затрат на виробництво та експлуатацію обладнання, створення нового асортименту продукції тощо. Конкуренція на даному ринку є

					ЛН81мп.061512.001	

невеликою, оскільки даний вид діяльності є новим. Оскільки в минулому більшість підприємств мали власні відділи, що займалися даним видом діяльності, а саме конструкторські бюро, відділи постачання та продажу. Наш проект передбачає співпрацю з клієнтом згідно його вимог, з захистом інтелектуальної власності клієнта. Виконана робота на вимогу клієнта не розголошуватиметься, крім цього наш проект передбачає допомогу в патентуванні розробок клієнта, якщо це є необхідним для нього. Також ми можемо запропонувати клієнту власні розробки, модернізації та інновації за вигідними умовами. Канали розподілу інжинірингового ринку розміщуються насамперед в великих містах, з розвиненою промисловістю. А саме в м. Києві, Дніпрі, Харкові, Львові та інших містах де розміщуються великі підприємства з обробки металів, переробки полімерів тощо.

Споживча поведінка клієнтів на даний момент набуває великого значення для старту проекту, оскільки від репутації нашої компанії залежить довіра потенційних покупців. Саме тому окрім рекламування наших послуг в соціальних мережах та інтернеті необхідно підтримувати репутацію. Насамперед це можна забезпечити високою якістю виконаних послуг для клієнтів, внаслідок чого можлива довгострокова співпраця з декількома клієнтами. Їхні конкуренти можуть помітити ці позитивні зміни та також піти на співпрацю з нашим проектом. Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5). Таблиця 8.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в інноваційних високоефективних проектах і економії на заробітних платах для подолання наслідків попередніх економічних криз	Хімічні компанії, харчові компанії та компанії, що займаються нафтопереробкою	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-якість: стандарти, нормативи, вимоги: -швидкість, -доступність.

На основі проведеного аналізу ринкового середовища складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці №№ 8.6-8.7).

Таблица 8.6 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Економічні: Криза, Інфляція, Підвищення цін на сировину (виробництво солей, кислот і лугів, а також на нафтопродукти)	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт у залежності від цін на сировину. Прив'язка до стабільних валют.

Продовження табл. 8.6

Політико-правові: «Закон України про підприємницьку діяльність»	Впливає на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців.	Зміна напрямків імпорту/експорту. Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.
«Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.
Природні: поведі, дефіцит ресурсу	Зростання ціни на ресурс	Розробка нових технологій з використанням інших матеріалів

Таблица 8.7 - Факторы возможностей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні Зміна технології виготовлення обладнання	Залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами	Розробка нового обладнання та конструкцій змішувальних елементів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні: Зростання населення	Збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості.	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 8.8).

Таблиця 8.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкуренто-спроможною)
1. Тип конкуренції Олігополія	Мала кількість спеціалістів здатних виконувати комплексну роботу.	Співпраця з технічними вузами за для покращення якості розробок
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Якісні інженерні послуги необхідні на кожному підприємстві)	Надання консалтингових послуг та можливість співпраці з нашим інженерним відділом)
3. За галузевою ознакою міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
4. Конкуренція за видами товарів товарно-видова між бажаннями	У нас є типові конструкції та є можливість розробки індивідуальних апаратів.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливості проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг цінова	Наша компанія буде мати як і конкуренцію по низькій ціні так і на якості продукції. Наша мета робити якісне і дешеве обладнання	Дасть можливість зайняти нішу якісного дешевого обладнання в Україні та світі.

Продовження табл. 8.8

6. За інтенсивністю - марочна	Наша мета зробити всесвітньо відомим наш бренд	Це дасть можливість надавати послуги по усьому світу.
-------------------------------	--	---

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 8.9).

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товаризамінники
	Всі підприємства, які займаються консалтингом і аутсорсингом	Конкурентом може стати підприємство яке почне співпрацювати з технічними вузами	Постачальники мають малий вплив на наш основний напрям, але має вплив на напрям по продажу товарів.	- не конкурентно спроможне обладнання -високі ціни на товари	-
Висновки:	На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств в які можуть провести якісну оцінку роботи підприємства та вказати їхні недоліки.	На сьогодні будь який мислячий на перспективу інвестор може стати нашим конкурентом почавши співпрацювати з університетами.	Так від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідно: конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інноваційне.	Даний пункт не є актуальним для нашого підприємства через те що ми надаємо комплексний спектр послуг.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 8.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.4), вимог споживачів до товару (таблиця 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця № 8.6- 8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблиця. 8.10.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Низька ціна	Так як ми будемо співпрацювати з науково-технічною базою університету ми зможемо залучати молодих фахівців для розробки обладнання також низька ціна буде через те що обладнання буде продаватися не одному замовнику а буде продаватися на сайті і кожен підприємець зможе його купити.
Якість(швидкість та надійність)	При замовленні документації покупець буде отримувати якісну документацію та матиме можливість звернутися до нас консультаціями.
Комплексний підхід	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 8.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.11).

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Низька ціна	5		△			□		
Якість кінцевої продукції	10			□		△		
Швидкість надання послуг	10			□	△			
Асортимент	8	△	□					
Рівень концентрації виробництва	0				□		△	
Сильні сторони	Слабкі сторони							
Низька ціна	Якість кінцевої продукції, швидкість надання послуг, асортимент							
Якість кінцевої продукції, Рівень концентрації виробництва	Асортимент, висока ціна							

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) (таблиця 8.6) та можливостей (Opportunities) (таблиця 8.7) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.12).

Таблиця 8.12 – формулювання управлінської проблеми SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - новизна проекту; -спроможність проекту збільшити конкурентоспроможність споживачів підприємств промисловості; - низька вартість впровадження проекту (його можна створити навіть власними зусиллями); - можливо збільшити кількість наданих послуг та працювати з обладнанням в інших видах промисловості (фармацевтична, машинобудівна тощо), -більш швидкий вихід розроблених апаратів на ринок. 	<ul style="list-style-type: none"> - низька дохідність проекту внаслідок низької зацікавленості споживачів; - програш іноземним компаніям; - відсутність послуг архітектора.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами; - збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості; - небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе. 	<ul style="list-style-type: none"> - криза, інфляція, підвищення цін на сировину. Вплив на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару; - недостатня підтримка державою нових підприємців; - дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.13).

Таблиця 8.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Загарбник	Значні	Максимум рік
Наступник	Суттєві	Максимум рік

Після аналізу обираємо альтернативу наступник. Мета при цьому полягає в підвищенні рентабельності за рахунок максимально широкого використання ефекту досвіду. Зв'язок між рентабельністю і часткою ринку спостерігається в основному у сфері масового виробництва, коли конкурентна перевага пов'язана з економією на витратах.

8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 8.14).

Таблиця 8.14 – вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Малі приватні промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	висока	високий	мала	висока
Великі промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	середня	середній	висока	середня

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.15).

Таблиця 8.15 – визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Наступник	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Надання інженерних консалтингових послуг малим промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16).

Таблиця 8.16 – визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
На території України для малих і середніх підприємств проект не є першопрохідцем.	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності	Копіювання популярних послуг на ринку такі як: - Розробка програмного забезпечення - Аудит підприємства - Архітектура та дизайн	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблиця 8.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну проект.

Таблиця 8.17 – визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту*
Якісне надання послуг з урахуванням всіх стандартів, норм та вимог	Стратегія спеціалізації	Стратегія виклику лідера	Конкурентоспроможні аутсорсингові послуги

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 8.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Потреба в обладнанні потреба в підвищенні кінцевої продукції	Швидкість, надійність(надання консультацій в продовж року) та комунікабельність персоналу, економія на ЗП	Швидкість, не висока ціна, надійність та комунікабельність персоналу

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [26]. До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;

- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару. Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 5.28.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
І. Послуга за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє послуга (згідно концепції), її основної функціональної вигоди:		
	Надання надійного та високо кваліфікованому аутсорсингу, що дозволяє зменшити витрати на утримання штату працівників.		
ІІ. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор

Продовження табл. 8.19

	1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання; 2. Призначення: хімічні, харчові та будівельні компанії; 3. Технологічні: оптимізації витрат праці та часу; 4. Ергономічність: зручність та доступність до всіх елементів конструкції; 5. Безпека: відповідність нормативам; 6. Екологічність: відповідність нормативам.	–/+	+ / + / + / + / +
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Документи виконані з логотипом підприємства.		
	Марка: Парменід		
ІІІ. Послуга із підкріпленням	До продажу: представлення клієнту проекту		
	Після продажу: гарантійні консультації		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв’язку проблеми.			

Захист буде організовано за рахунок захисту ідеї товару у патентному відомстві. Далі визначаються цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20 - Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товаризамінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
500000 грн/1 замовлення	250000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	250000-450000

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21)

Таблиця 8.21 - Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Замовлення проекту	Швидкість виконання, надійність(надання консультацій в продовж року)	Нульового рівня	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут власними силами.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів.

Результатом пункту 8.4 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки

8.6 Висновки до розділу

Відповідно до проведеного аналізу перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту поява даного проекту є актуальна так як на ринку мала кількість компаній яка надає такий спектр послуг. І має перспективи росту на ринку послуг який відновлюється.

					ЛН81мп.061512.001	

Висновки

У магістерській дисертації на тему «Розроблення теплообмінника та апарату з мішалкою для модернізації установки виробництва етиленгліколю» проведено модернізацію апарату з мішалкою для інтенсифікації процесу розчинення, та зменшення викидів окису етилену шляхом встановлення масообмінного апарату безпосередньо в апарат з мішалкою, а мішалку виконати турбінного типу з осьовим верхнім патрубком. Така модернізація спрямована на інтенсивний конвективний рух води в апараті і утворення центральної воронки. Потрапляння газів над поверхнею розчину у зону інтенсивного зсуву через центральну воронку викликає утворення дрібних бульок і їх міграцію в об'ємі апарату.

В магістерській дисертації проведено опис технологічного процесу виробництва етиленгліколю, та розроблено такі апарати: апарат з мішалкою та теплообмінник. Для цих апаратів надано технічні характеристики та проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій.

Виконано тепловий та конструктивний розрахунок (визначено товщину стінки циліндричної обичайки та днища, розраховано діаметри штуцерів), також було підібрано відповідні опори. Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Розроблено рекомендації, щодо охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, а також проведено аналіз щодо шкідливих і небезпечних факторів та їх попередження. В проекті наведено рекомендації щодо монтажу та експлуатації даних апаратів. Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації апарату з мішалкою. Оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів, проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі (вала) та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

Внаслідок модернізації ми отримали значне підвищення річної продуктивності та покращення якості продукції зі зміною ціни, що дало економічний ефект у розмірі 70310 грн. на рік

Виконано розділ в якому описано технологію та проведено розрахунки

					ЛН81мп.061512.001	

технологічних режимів виготовлення вала мішалки і сконструйовано пристрій для свердління отворів в ньому.

Розроблено систему автоматичного контролю та регулювання параметрів системи, з метою покращення умов надійного та зручного керування роботою апарату з мішалкою.

Графічна частина проекту включає складальні креслення технологічна схема установки – А1, кресленик складальний теплообмінника – А1, кресленик складальний трубного пучка – А2, кресленик складальний кришки №1 – А3, кресленик складальний кришки №2 – А3, кресленик складальний апарату з мішалкою – А1, кресленик складальний мішалки – А1, кресленик складальний корпусу апарату з мішалкою – А2, схема автоматичного керування – А1, кондуктор для свердління трубної решітки – А1, ілюстрація технічної ідеї патенту – А2, математична модель та результати експериментів – 2хА1.

До складальних креслень складено специфікації. Креслення та специфікації виконані за допомогою програми «КОМПАС-3D V16», та відповідають вимогам ЄСКД.

За результатами роботи подано заявку на одержання патенту України № u201907024 на корисну модель та отримано патент України на корисну модель UA 139017 МПК (2006.01) C12M 1/06. Опубліковано три тези доповідей на XV, XVI, XVII всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.

					ЛН81мп.061512.001	

Выводы

В магистерской диссертации на тему «Разработка теплообменника и аппарата с мешалкой для модернизации установки производства этиленгликоля» проведена модернизация аппарата с мешалкой для интенсификации процесса растворения, и уменьшение выбросов окиси этилена путем установления массообменного аппарата непосредственно в аппарат с мешалкой, а мешалку выполнить турбинного типа с осевым верхним патрубком. Такая модернизация направлена на интенсивное конвективное движение воды в аппарате и образования центральной воронки. Попадание газов над поверхностью раствора в зону интенсивного сдвига через центральную воронку вызывает образование мелких пузырей и их миграцию в объеме аппарата.

В магистерской диссертации проведено описание технологического процесса производства этиленгликоля, и разработаны следующие аппараты: аппарат с мешалкой и теплообменник. Для этих аппаратов предоставлено технические характеристики и проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций.

Выполнен тепловой и конструктивный расчет (определено толщину стенки цилиндрической обечайки и днища, рассчитан диаметры штуцеров), также было подобрано соответствующие опоры. Расчеты на прочность выполнены согласно действующих государственных и отраслевых стандартов.

Разработаны рекомендации по охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях, а также проведен анализ по вредным и опасным факторам и их предупреждение. В проекте приведены рекомендации по монтажу и эксплуатации данных аппаратов. Проведено технико-экономическое обоснование целесообразности модернизации аппарата с мешалкой. Оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов, проведена разработка технологического процесса изготовления детали (вала) и схемы автоматического управления технологическим процессом установки.

Вследствие модернизации мы получили значительное повышение годовой производительности и улучшения качества продукции с изменением цены, что дало

					ЛН81мп.061512.001	

экономический эффект в размере 70310 грн. на год

Выполнен раздел в котором описана технология и проведены расчеты технологических режимов изготовления вала мешалки и сконструировано устройство для сверления отверстий в нем.

Разработана система автоматического контроля и регулирования параметров системы, с целью улучшения условий надежного и удобного управления работой аппарата с мешалкой.

Графическая часть проекта включает сборочные чертежи технологическая схема установки - А1, чертеж сборочный теплообменника - А1, чертеж сборочный трубного пучка - А2, чертеж сборочный крышки №1 - А3, чертеж сборочный крышки №2 - А3, чертеж сборочный аппарата с мешалкой - А1, чертеж сборочный мешалки - А1, чертеж сборочный корпуса аппарата с мешалкой - А2, схема автоматического управления - А1, кондуктор для сверления трубной решетки - А1, иллюстрация технической идеи патента - А2, математическая модель и результат и экспериментов - 2хА1.

К сборочным чертежам составлены спецификации. Чертежи и спецификации выполнены с помощью программы «КОМПАС-3D V16» и соответствуют требованиям ЕСКД.

По результатам работы подана заявка на получение патента Украины № u201907024 на полезную модель и получен патент Украины на полезную модель UA 139017 МПК (2006.01) C12M 1/06. Опубликовано три тезиса докладов на XV, XVI, XVII всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.

					ЛН81мп.061512.001	

Conclusions

In the Master's thesis on the theme "Development of heat exchanger and apparatus with stirrer for modernization of ethylene glycol production plant" modernization of apparatus with stirrer for intensification of the process of dissolution, and reduction of ethylene oxide emissions by installing a mass-exchange apparatus directly into mixing apparatus. Provided modernization is aimed at intensive convective movement of water in the apparatus and the formation of a central funnel. The entry of gases through the central funnel over the surface of the solution into the zone of intense movement, causes the formation of small bubbles and their migration in the volume of the apparatus.

In the Master's thesis the description of technological process of ethylene glycol production is made, and the following devices are developed: apparatus with stirrer and heat exchanger. For these devices technical specifications are given and calculations which confirm the operability and reliability of the structures are made,.

Thermal and structural calculations were performed (wall thickness of cylindrical shell and bottom were determined, fittings diameters were calculated), and appropriate supports were selected. Strength calculations are performed according to current state and industry standards.

Recommendations on occupational health and safety in emergency situations have been developed, as well as hazard and dangerous factors analysis and prevention. The project provides recommendations for the installation and operation of these devices. The feasibility study of the modernization of the apparatus with the stirrer was carried out. The level of standardization and unification of the developed devices was evaluated, the technological process of manufacturing the part (shaft) and the scheme of automatic control of the technological process of the installation were fulfilled.

As a result of the modernization, we received a significant increase in annual productivity and improved product quality with a change in price, which provides an economic effect of UAH 70310 per year

					JH81мп.061512.001	

The section in which the technology was described, the technological modes of manufacturing the mixer shaft were calculated, and a device for drilling holes in it was constructed, was performed.

The system of automatic control and regulation of system parameters has been developed in order to improve the conditions of reliable and convenient control of the operation of the apparatus with the stirrer.

The graphical part of the project includes assembly drawings technological scheme of the installation - A1, drawing assembly heat exchanger - A1, drawing assembly tube bundle - A2, drawing assembly cover No. 1 - A3, drawing assembly assembly number 2 - A3, drawing assembly apparatus with stirrer - A1, drawing agitator assembly - A1, drawing machine assembly case with agitator - A2, automatic control circuit - A1, conductor for drill pipe - A1, illustration of the technical idea of the patent - A2, mathematical model and result and experiments - 2x1A.

Specifications for the assembly drawings are composed. The drawings and specifications are made using the KOMPAS-3D V16 software and meet the requirements of ESCD.

According to the results of the work, an application for a patent of Ukraine No. u201907024 for utility model was submitted and a patent of Ukraine for utility model UA 139017 IPC (2006.01) C12M 1/06 was obtained. Three abstracts were published at the XV, XVI, XVII All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists.

					ЛН81МП.061512.001	

					ЛН81мп.061512.001	

Перелік посилань

1. Крестшіна О. П., Двойнос Я. Г. Модернізація виробництва етиленгліколю// Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. –50с.
2. ГОСТ 5632-72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
3. ГОСТ 380-94 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
4. ГОСТ 5520-79 Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия.
5. Патент № 37212 МПК (2006.01) B01J 19/18 / Порожниста мішалка трубчастого типу / Ген Ся (CN). Заявка № 209715085. Оpubліковано: 03.012.2019, Бюл. № 19.
6. Патент № 481 МПК (2006.01) B01F 7/18 / Своєрідний бак з мішалкою / Шень Цінъ (CN). Заявка № 2018 11804. Оpubліковано: 18.06.2019, Бюл. №10.
7. Патент № 9132177 МПК (2006.01) B01F 7/18 / Мішалка для перемішування рідкого середовища / Мікульонок Ігор Олегович (UA). Заявка № u 2018 02876. Оpubліковано: 25.09.2018, Бюл. №18.
8. Patent № WO 2019/120234 A1 (US), IPC (2006.01) B01J 8/38 / Reactor for liquid phase fluorination reaction / Applicant: Daniel C. [US], Hsueh Song [US], Mario Joseph [US]. Application number: PCT/US2015/014759.
9. Patent № US 2019/0284408 A1 (US), IPC (2006.01) B01F 7/00, B01F 7/04, B02C 18/22 / Container for stirrer / Applicant: LG Chem, Ltd. [KR]. Application number: 19/291,690.
10. Патент № 103772 МПК (2015.01) F28F 1/00 / Шестигранний теплообмінник із прудним плитом інтегральної форми / Чай Дуньян (CN). Заявка № 2018 07158. Оpubліковано: 02.08.2019, Бюл. № 19.
11. Патент № 266580 МПК (2018.01) F28D 7/16 / Своєрідний

					ЛН81мп.061512.001	

теплообмінник трьох середніх трубок / Агент Лю Сяомін (CN).. Заявка № u 2018 266580. Опубліковано: 31.08.2018, Бюл. № 19.

12. Патент № 209623417 МПК (2006.01) F28D 7/00, F28F 9/007 / Кожухотрубний теплообмінник /Агент Лю Сяомін (CN). Заявка № u 2019 44218. Опубліковано: 12.11.2019, Бюл. № 20.

13. Patent № US 2019/0166252 A1 (US), IPC (2006.01) F28D 3/02 / Heat exchanger and method / Applicant: Whirlpool Cjrporation [US]. Application number: 19/084,671.

14. Patent № US 2019/0338867 A1 (US), IPC (2006.01) F28F 19/02, F28F 13/12 / Shell and tube heat exchanger with improwed anti-fouling properties / Applicant: Alfa lawal corporate [SE]. Application number: 19/361,114.

15. А.С.Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования Том 2 Изд 2-е, перераб и доп. – Калуга: Н. Бочкаревой, 2002.- 846 с.

16. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Леннингр. отд – ние, 1981.

17. Машины и аппараты химических производств / Под ред. И. И. Чернобыльского.– М.: Машиностроение, 1974. – 456 с

18. Доброногов В.Г., Мікульонок І.О. Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень. – К. 1995. – 183с

19. Сопротивление материалов: учебник для вузов / Подобщ. ред. Г.С. Писаренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1979. – 696 с.

20. Соколов В.Н. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.

21. Алгоритм расчета на виброустойчивость валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению вычислительной техники в курсе "Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств" для студентов специальностей 0516, 0558 всех форм обучения / Сост. В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л.Г. Воронин. – К.: КПИ, 1988. – 52 с.

					ЛН81мп.061512.001	

22. Алгоритм расчета на жорсткість валов механічних перемішувальних пристроїв: Методичні вказівки до застосування обчислювальної техніки в курсі "Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних виробств" для студентів спеціальностей 17.05.02, 17.04.04 всіх форм навчання / Сост. В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрій, Л. Г. Воронин. – К.: КПИ, 1990. – 39 с.

23. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессов химической технологии. Учебное пособие для вузов/Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г.Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

24. Михалев М.Ф., Третьяков Н.П. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи. – Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.

25. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.

26. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессов химической технологии. Учебное пособие для вузов/Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г.Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

27. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

28. Андреев І. А., Зубрій О. Г., Мікульонюк І. О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.

29. Конструювання та розрахунок фланцевих з'єднань: Навч. посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонюк. – К.: НМК ВО, 1992. 104 с.

30. Михеев М. А., Михеева И. М.. Основы теплопередачи. Изд. 2-е. «Энергия», 1977. – 344 с., ил.

31. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей./Под ред. Н. Б. Варгафтика. 2-е изл. пер. и доп. – М.: Наука, 1972, 720 с.

					ЛН81мп.061512.001	

32. Розенплентер А. Є. Методичні вказівки до економічної частини проекту / А. Є. Розенплентер, Т. В. Панішева, С. В.Лисенко. — К. : НТУУ “КПІ”, 2001. — 28 с.

33. ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.

34. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

35. ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

36. ГОСТ 14254-80 Изделия электротехнические. Оболочки. Степень защиты. Обозначения. Методы испытаний.

37. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов.

38. ОСТ 26-467-84 Опоры цилиндрические и конические вертикальных аппаратов. Типы и основные размеры.

39. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

					ЛН81мп.061512.001	

Додаток А

Технологія виготовлення фланцю муфти приводу апарата з мішалкою

					ЛН81мп.061512.001	

А.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Матеріал деталі (Сталь 30Г ГОСТ 19281-89) має достатню пластичність для обробки тиском. Конструкція деталі дозволяє отримати штамп простої форми, з застосуванням високопродуктивного обладнання. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Погіршує технологічність штамповки необхідність додаткового переходу – прошивки отворів.

Матеріал деталі добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту. Ступені поверхонь обертання зменшуються в одному напрямку – це теж відповідає умовам технологічності.

В більшості деталей складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при зручних технологічних базах, що забезпечують задану точність виготовлення фланця.

Усі технологічні вимоги встановлені в залежності від службового призначення виробу та визначаються ступенем точності деталі.

В цілому деталь технологічна.

А.3. Вибір виду заготовки та обґрунтування способу її виконання

Матеріал деталі не має ливарних властивостей, тому заготовку отримуємо обробкою тиском. Деталь має ступінчасту і фігурну форми, тому з урахуванням середньо серійного типу виробництва заготовка з прокату неекономічна через підвищену витрату металу у стружку.

Ковка на місцях використовується в одиничному та мало серійному виробництвах, тому заготовку отримуємо об'ємним штампуванням.

					ЛН81мп.061512.001	

Як кувальне устаткування використовується кривошипний гарячостампувальний прес (КГШП), який має більшу продуктивність ніж молотовий (приблизно у 1,4 рази) за рахунок скорочення кількості ударів.

КГШП має жорсткий фіксований хід, що забезпечує цілком певне положення повзуна; обладнаний нижнім та верхнім виштовхувачем; також допускається ексцентричне розташування у штампі.

Штампування вибираємо напів-гаряче (для обмеження окалиноутворення) у закритих штампах (матеріал деталі – сталь, має знижену пластичність) з нероз'ємною матрицею.

Для виведення з порожнини штампу надлишку металу у прошивках (центральных виступах) розташовуємо компенсаційні порожнини, в які і затікає при штампуванні надлишок металу. Відштамповану заготовку потім обробляємо на обрізному пресі. При цьому разом з відходами видаляється надлишок металу, витисненого в компенсатори та прошивається центральний отвір.

При штампуванні на КГШП отримують заготовки з меншими припусками та нахилами, більш близькими за формою до готової деталі, з меншими значеннями всуви половин штампу, ніж при штампуванні молотами.

Ескіз заготовки фланця показано на рисунку А.1.

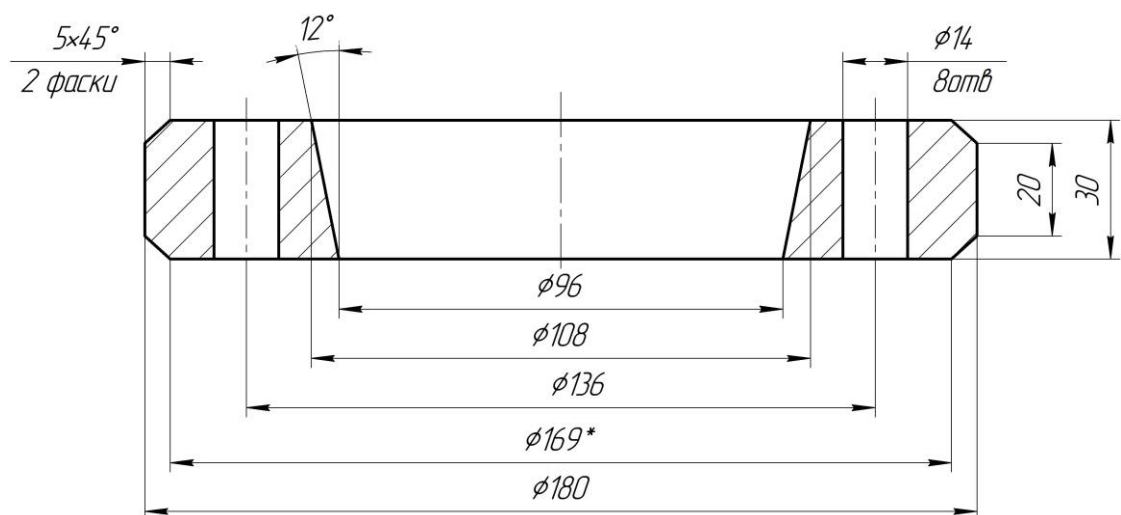


Рисунок А.1-Ескіз заготовки

А.4 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

					ЛН81мп.061512.001	

А.4.1 Визначення припусків і розмірів заготовки з допусками

Маса деталі $q=3,63$ кг (згідно з кресленням).

Приймаємо межу маси заготовки:

$$Q=5,808 \text{ кг.}$$

Клас точності штамповки Т3 за ГОСТ 7505–89 (таблиця А.1.).

Об'єм простої описаної фігури:

$$V_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot 180^2 \cdot 30}{4} = 763020 \text{ мм}^3.$$

Об'єм заготовки очікуваний:

$$V_{\Pi} = 972000 \text{ мм}^3.$$

$$\text{Відношення } \frac{V_{\Pi}}{V_{\Phi}} = \frac{972000}{763020} = 1,274.$$

Ступінь складності – С1 за ГОСТ 7505–89.

Вихідний індекс – 12 за ГОСТ 7505–89 (таблиця 2).

Основні та додаткові припуски та допуски назначаємо згідно ГОСТ 7505–89 (таблиця 3.4.5.8).

Таблиця А.1- Розміри заготовки з допуском

Оброблювана поверхня	Шорсткість R_a , мм	Припуск на розмір, мм	Розмір заготовки, мм		Відхилення розмірів, мм
			Розрахунковий	Прийнятий	
Ø 180	12,5	2 (1,7+1,0)	Ø 185,4	Ø 186	+1,8 / -1,0
Ø 96	1,6	2 (1,7+1,0)	Ø 101,4	Ø 102	+1,4/ -0,8
Ø 136	12,5	2(1,5+1,0)	Ø 141	Ø 141	+1,6 / -0,9
Ø 14	12,5	2 (1,6+1,0)	Ø 19,2	Ø 20	+1,3 / -0,7
Лінійні розміри					
30	12,5	2·(1,3+1,0)	34,6	35	+1,3 / -0,7
20	12,5	2·(1,3+1,0)	24,6	25	+1,3 / -0,7

А.4. 1.1 Розрахунок припусків аналітичним методом на обробку

					ЛН81мп.061512.001	

отвору Ø 96H7

1 перехід – чорнове розточування H7, Ra 12,5

2 перехід – чистове розточування h12, Ra 1,6

Мінімальний припуск визначаємо згідно формули:

$$2S_{\min} = 2 \cdot [(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \xi_i^2}].$$

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{2\min} &= 2 \cdot (R_{Z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \xi_2^2}) = \\ &= 2 \cdot (400 + 300 + \sqrt{(1,01 \cdot 10^3)^2 + 500^2}) = 3254 \text{ мкм}, \end{aligned}$$

де величини R_{Z1} - шорсткість та h – товщину дефектного шару назначаємо згідно таблиць. Для штампованої заготовки $R_{Z2}=400$ мкм, $h_1=100$ мкм.

Сумарне відхилення для заготовки:

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\Pi}^2} = \sqrt{140,81^2 + 1000^2 + 21^2} = 1,01 \cdot 10^3 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{кор}} = 140,81$ мкм – короблення поверхні отвору заготовки;

$\Delta_{\text{екс}} = 1000$ мкм – відхилення від концентричності отвору;

$\Delta_{\Pi} = 21$ мкм – відхилення від перпендикулярності.

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{кор}} &= \sqrt{(\Delta_K \cdot e)^2 + (\Delta_K \cdot D)^2} = \Delta_K \cdot \sqrt{l^2 + D^2} = \\ &= 1,4 \cdot \sqrt{30^2 + 96^2} = 140,81 \text{ мкм}, \end{aligned}$$

де $l=30$ мм – довжина отвору згідно з кресленням;

$D=96$ мм – діаметр отвору згідно з кресленням;

$\Delta_K = 1,4 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – питома кривизна, $\Delta_{\text{екс}} = 1000$ мкм.

$$\Delta_{\Pi} = \Delta_H \cdot L = 0,7 \cdot 30 = 21 \text{ мкм}.$$

де $\Delta_H = 0,7 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – питоме відхилення.

Похибка закріплення заготовки для чорнового точіння в трьохкулачковому патроні з базуванням на поверхні штамповки:

$$\xi_2 = 500 \text{ мкм}.$$

Мінімальний припуск на чистове точіння:

					ЛН81мп.061512.001	

$$2 \cdot Z_{3\min} = 2 \cdot (R_{z2} + h_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \xi_3^2}) = 2 \cdot (37 + 100 + \sqrt{60,6^2 + 250^2}) = 788,48 \text{ мкм.}$$

Відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_2 = k_{y2} \cdot \Delta_1 = 0,06 \cdot 1,01 \cdot 10^3 = 60,6 \text{ мкм,}$$

де $k_0 = 0,06$ – поправочний коефіцієнт.

Розміри отвору після чистового точіння:

$$d_{P\min} = d_H + EI = 96 + 0 = 96 \text{ мм,}$$

$$d_{P\max} = d_H + ES = 96 + 0,25 = 96,25 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення для чистового точіння - $\xi_3 = 0$.

Розрахунковий розмір для чорнового точіння:

$$D_{P2\max} = D_{P3\max} - 2Z_{3\min} = 96,25 - 0,788 = 95,462 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{P1\max} = D_{P2\max} - 2Z_{2\min} = 95,462 - 3,254 = 92,208 \text{ мм.}$$

Допуск на обробку заготовки

Для деталі: $TD_3 = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм (H7)}$.

Для чорнового точіння: $TD_2 = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм (H13)}$.

Заготовки: $TD_1 = 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ мкм}$.

Розрахунковий мінімальний розмір визначаємо різницею максимального розрахункового розміру та величини допуску:

$$D_{P1\min} = D_{P1\max} - TD_1 = 92,208 - 2,2 = 90,008 \text{ мм,}$$

$$D_{P2\min} = D_{P2\max} - TD_2 = 95,462 - 0,3 = 95,162 \text{ мм.}$$

Мінімальний гарантований розмір:

$$D_{1\max} = D_{1\min} - TD_1 = 90,008 + 2,2 = 92,208 \text{ мм,}$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} - TD_2 = 95,162 + 0,3 = 95,462 \text{ мм,}$$

мінімальне та максимальне значення припусків:

$$2Z_{2\max} = D_{2\min} - D_{1\min} = 95,162 - 90,008 = 5154 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{2\min} = D_{2\max} - D_{1\max} = 95,462 - 92,208 = 3254 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{3\max} = D_{3\min} - D_{2\min} = 96 - 95,162 = 838 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{3\min} = D_{3\max} - D_{2\max} = 96,25 - 95,462 = 788 \text{ мкм.}$$

					ЛН81мп.061512.001	

Номинальний розмір заготовки:

$$D_{H1} = D_{1\min} - EI = 90,008 - (-1,5) = 91,508 \text{ мм},$$

$$2Z_{OH} = D_{HO} - D_{H1} = 96 - 91,508 = 4,492 \text{ мм}.$$

Схема розташування розрахованих припусків та допусків представлена на рисунку А.2.

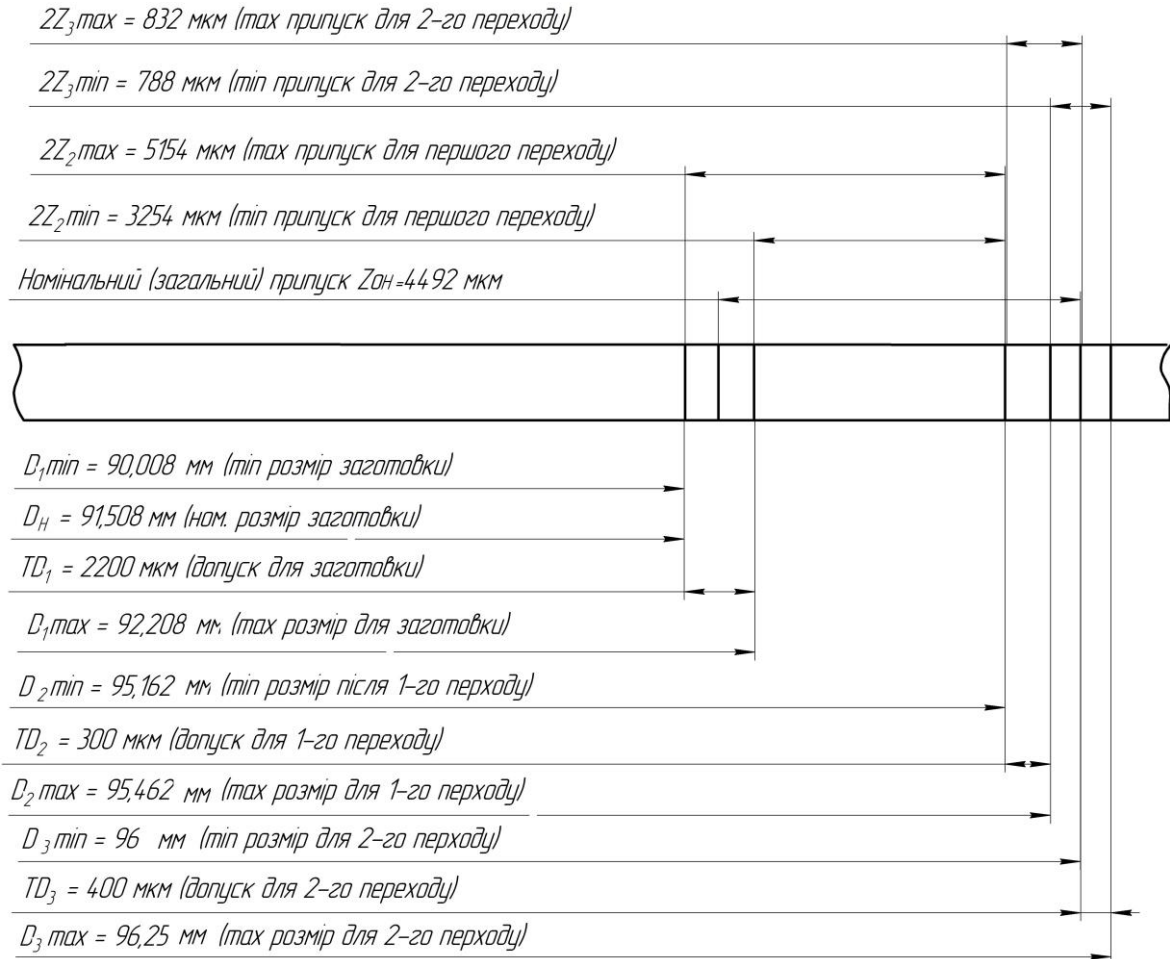


Рисунок А.2-Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору Ø 96H7

Перевірка:

$$TD_1 - TD_3 = 2200 - 400 = \sum 2 \cdot Z_{\max} - \sum 2 \cdot Z_{\min} = 4316 - 2466 = 3526 \text{ мм}$$

Визначення припусків та граничних відхилень виконано вірно.

А.4.1.2 Визначення операційних припусків табличним методом

Припуски визначаємо за довідником в зворотному порядку послідовності обробки.

					ЛН81мп.061512.001	

Таблиця А.2 Припуски та розміри

Поверхня, що оброблюється	Метод обробки	Квалітет точності	Шорсткість Ra	Припуск на різку, мм	Операційні розміри та припуски, мм
Отвір Ø 96 мм	Чистове точіння	H7	12,5	1,25	Ø96 ^{+0,4}
	Чорнове точіння	H13	12,5	6,75	Ø 94,75 ^{+0,3}
	Заготовка	T3	50	—	Ø 89,25 ^{+2,2}

Решту поверхонь оброблюємо за один прохід, при цьому операційні припуски відповідають загальному припуску, а операційні розміри – кресленню.

А.4.2 Розрахунок режимів різання при розсвердлюванні отворів Ø 14

Матеріал який оброблюється – сталь 30Г.

Глибина різання:

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (14 - 7) = 3,5 \text{ мм},$$

де D=14 мм – діаметр отвору в деталі; d=7 мм – діаметр отвору в заготовці.

З подач, що рекомендуються призначаємо $S_0=1,2$ мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента $T=45$ хв. [14].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$V_H = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} \cdot k_V = \frac{18 \cdot 14^{0,6}}{45^{0,25} \cdot 3,5^0 \cdot 1,2^{0,3}} \cdot 0,65 = 19,727 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_V = 18,0$; $q = 0,6$; $y = 0,3$; $m = 0,25$; $k_V = 0,65$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10C_M \cdot D^q \cdot t^x S^y \cdot k_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 14^1 \cdot 3,5^{0,8} \cdot 1,2^{0,65} \cdot 0,76 = 26,279 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Значення коефіцієнтів та показників степеня

$$C_M = 0,09; q = 1,0; y = 0,65;$$

k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $k_p = 0,68$.

Потужність різання:

$$N_c = \frac{M_{об} \cdot n}{9750} = \frac{26,279 \cdot 448,749}{9750} = 1,21 \text{ кВт};$$

де n – частота обертання заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,727}{3,14 \cdot 14} = 448,749 \text{ об/хв}.$$

По станку підбираємо наближене значення $n_\phi = 450$ об/хв тоді фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 450}{1000} = 19,782 \text{ м/хв}.$$

По паспортним даним, потужність станка $N_{кр} = 4,5$ кВт.

Приймаємо наступні значення: $t = 3,5$ мм, $S_0 = 1,2$ мм/об, $n_\phi = 450$ об/хв, $V_\phi = 19,782$ м/хв, $N = 1,21$ кВт.

Хвилинна подача $S_{хв} = 1,2 \cdot 360 = 432$ мм/хв.

А.4.3 Розрахунок норми часу на розсвердління отворів Ø 14

Штучно – калькуляційний (основний) час на свердління:

$$T_0 = \frac{l + l_{BP} + l_{ПЕР}}{S_{хв}} = \frac{30 + 2,6 + 0}{432} = 0,075 \text{ хв}.$$

де $l = 30$ мм – довжина поверхні, яка оброблюється;

$l_{BP} = 2,6$ мм – довжина врізання;

$l_{ПЕР} = 0$ – довжина перебігу інструменту.

Норми допоміжного часу визначені з довідників або за нормативами і зведені в таблицю А.3.

					ЛН81мп.061512.001	

Таблиця А.3 Норми допоміжного часу.

№ /П	Найменування дії оператора	Норма часу
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку	0,4
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,1
Всього		0,59

Для одного отвору: $T_{ц.к.} = 0,075 + 0,59 = 0,665$ хв.

Для 16 отворів: $T = 0,665 \cdot 8 = 5,32$ хв.

А.5 Опис конструкції та розрахунок пристрою

Пристосування складається з наступних основних частин: основа із вбудованим пневмоциліндром, поршень, станини, пластини кондукторної плити.

Основа пристосування встановлюється на столі верстату з базуванням по пазам $\phi = 30F8$ зі шпонками і закріплюється гвинтом. Пневмоциліндр вбудований в основу з можливістю вертикального переміщення поршня зі штоком в результаті подачі стиснутого повітря в поршневий або штоковий об'єми.

Тяга згвинчена співвісно зі штоком пневмоциліндра і фіксується додатково гайкою. На основі пристосування закріплений фіксатор для забезпечення орієнтації заготовки відносно поверхонь, оброблених в попередніх операціях.

Пристосування працює таким чином:

Встановлюють заготовку на поршень. Фіксують гайку на поршні. Вмикають подачу стиснутого повітря в штоковий об'єм пневмоциліндра, поршень переміщується і закріплює заготовку до станини. Після обробки стиснуте повітря подається в поршневий об'єм пневмоциліндра, поршень переміщується. Знімаємо шайбу, потім деталь.

Схема сил, діючих у пристрої, показана на рисунку А.3.

Сила зсування, яка викликається обертанням інструмента

$$F_3 = \frac{M_{об}}{R} = \frac{26,279}{0,093} = 282,57 \text{ Н,}$$

					ЛН81мп.061512.001	

де $R=0,093$ мм – радіус прикладання сили зсування.

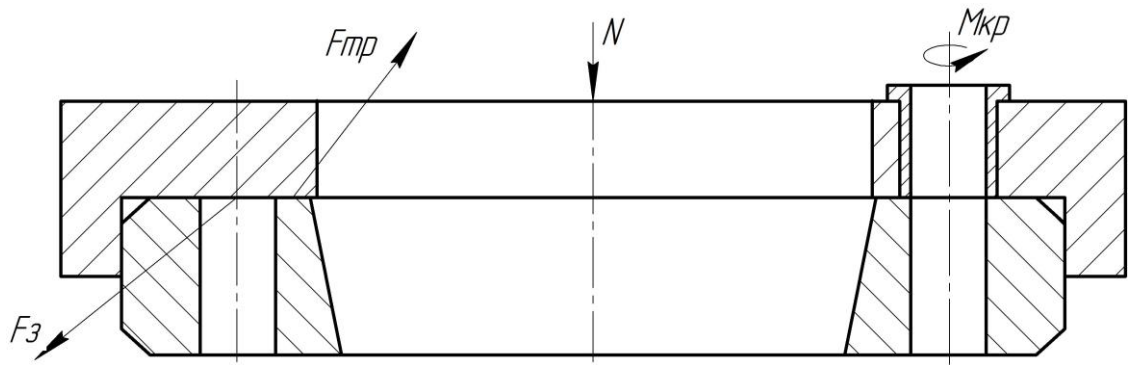


Рисунок А.3-Схема навантажень при закріпленні фланця

Сила притискання, яка забезпечить нерухомість закріплюваної деталі:

$$N = \frac{F_{\text{п}}}{f} = \frac{282,57}{0,25} = 1130 \text{ Н.}$$

Необхідний тиск в робочій камері пристрою

$$P = \frac{N}{S_{\text{д}} \cdot \eta} = \frac{1130}{0,05065 \cdot 0,85} = 2,625 \cdot 10^4 \text{ Па} = 0,02625 \text{ МПа.}$$

Приймаємо $P=0,03$ МПа.

Отже, значення тиску, який необхідний для надійного закріплення деталі у кондукторному пристрої $P=0,03$ МПа.

Додаток Б
Автоматичний контроль і керування процесом

					ЛН81мп.061512.001	

Вступ

Автоматизація хімічних виробничих процесів є одним з основних напрямків технологічного прогресу виробництва.

Автоматизована система керування механічними процесами сприяє підвищенню ефективності виробництва при виробництві гуміново-мінеральних добрив.

В автоматизованих системах керування використовують всі сучасні методи керування механічними процесами. У керуванні дуже важливу роль грають питання збору і перетворення параметрів, що характеризують хід технологічного процесу.

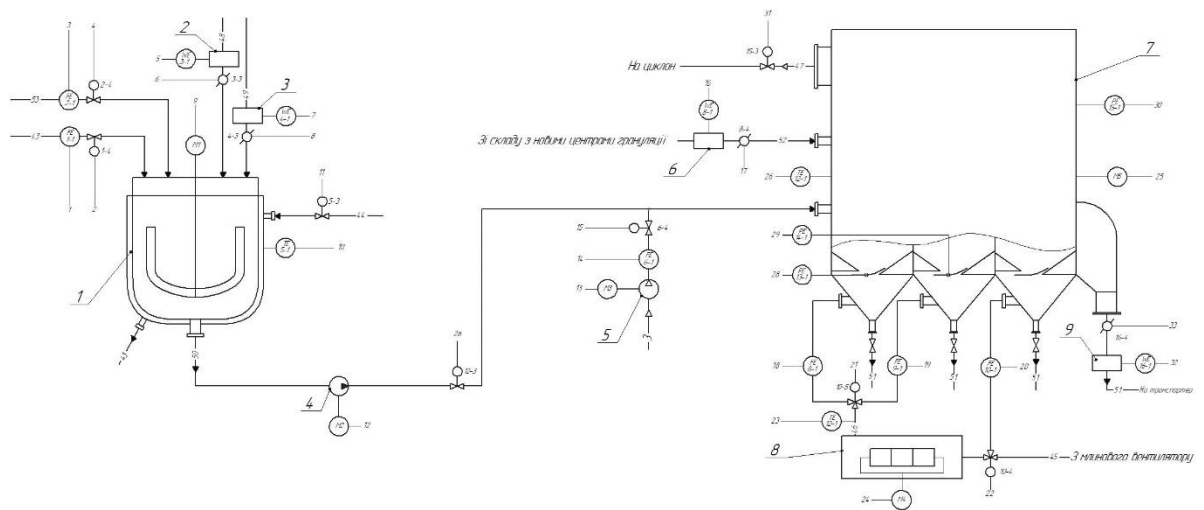
Автоматичний контроль полегшує працю оператора, але не вирішує до кінця проблему керування складними технологічними процесами. Тому все частіше використовуються системи автоматизації і ЕОМ.

Використання ЕОМ дозволяє здійснити оброблення інформації автоматичними пристроями зі швидкістю, яка набагато перевищує швидкість обробки інформації людиною.

					ЛН81мп.061512.001	

Б.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема процесу виробництва гуміно-мінеральних зображено на рисунку Б.1



1 – змішувач; 2 – ємність з сульфатом амонію; 3 – ємність з карбамідом; 4 – насос-дозатор; 5 – компресор; 6 – ємність з гранулами; 7 – гранулятор;
8 – електрокалорифер; 9 – ємність продуктом.

Рисунок Б.1 – Технологічна схема процесу отримання гуміно-мінеральних добрив

До апарата з перемішуючим пристроєм 1 подається вода, пастоподібні гумати, карбамід та сульфат амонію, суміш підігрівається до температури 40 °С, після чого, за допомогою насос-дозатору 2, подається до гранулятора 4. Для запобігання утворенню осаду на стінках трубопроводів, і встановлено компресор 3.

В гранулятор завантажують початковий шар зернистого матеріалу з ємності 6, його прогрівають до температури 96 °С, за допомогою зріджувального агенту, в якості якого слугує нагріте в електрокалорифері 8 повітря, до температури 240 °С, після чого, до гранулятора подається робочий розчин, який забезпечує зростання діаметру початкового шару зернистого матеріалу. Гранули, що досягнули еквівалентного діаметру 3,5 мм вивантажуються до ємності 9, після чого потрапляють на транспортер.

Б.2 Аналіз виробництва гуміно-мінеральних добрив як об'єкта автоматизації

Процес автоматизації виробництва по даній схемі здійснюється шляхом контролю і регулювання параметрів.

Таблиця Б.1. - Параметри контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Витрата води на вході в змішувач трубопровід	Витрата	0,89 м ³ /год	Контроль, регулювання
2	Витрата пастоподібних гуматів на вході в змішувач трубопровід	Витрата	0,026 м ³ /год	Контроль, регулювання
3	Витрата сульфатуамонію на вході в змішувач бункер	Масова витрата	304 кг/год	Контроль, регулювання
4	Витрата карбаміду на вході в змішувач бункер	Масова витрата	251,5 кг/год	Контроль, регулювання
5	Температура гріючого агенту в оболоні змішувача Змішувач	Температура	80 °С	Контроль, регулювання

Продовження таблиці Б.1

					ЛН81мп.061512.001	

6	Витрата повітря на вході в трубопровід трубопровід	Витрата	1,5 м ³ /год	Контроль, регулювання
7	Витрата початкових центрів грануляції на вході в гранулятор бункер	Масова витрата	36,2 кг/год	Контроль, регулювання
8	Витрата зріджуючого агенту на вході в гранулятор трубопровід	Витрата	5,23 м ³ /год	Контроль, регулювання
9	Температура зріджуючого агента на виході з електрокалориферу трубопровід	Температура	240 °С	Контроль, регулювання
10	Температура шару зернистого матеріалу в грануляторі гранулятор	Температура	96 °С	Контроль, регулювання
11	Перепад тиску на ГРП гранулятор	Тиск	2,3 кПа	Контроль, сигналізація
12	Перепад тиску в грануляторі гранулятор	Тиск	8 кПа	Контроль, сигналізація
13	Витрата отриманого гранульованого продукту бункер	Масова витрата	500 кг/год	Контроль, регулювання

Б.3 Автоматизація технологічного процесу

Б.3.1 Система автоматичного контролю

В даному процесі автоматичному контролю підлягають такі параметри:

					ЛН81мп.061512.001	

- витрата сировини на вході та виході з системи;
- вага сировини на вході та виході з апаратів;
- температура сировини в середині апаратів;
- температура зріджувального агенту на вході до гранулятора;
- перепад тиску в грануляторі.

Контури автоматичного контролю 1, 2, 6, 8 витрат працюють таким чином: первинний вимірювач датчик потоку, SITRANS FCS300 формує сигнал, що поступає на автоматичний показовий і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять. Завдяки цьому оператор може спостерігати за процесом в реальному часі.

Контури автоматичного контролю 3, 4, 7, 12 масових витрат працюють таким чином: сировина вимірюється динамометричним датчиком SIWAREX WL260 SP-S AA який формує сигнал, що поступає на автоматичний показовий і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять.

Схожим чином в системі працюють контури регулювання температурою: 5, 9, 10. Первинний вимірювач - термоперетворювач опору, SITRANS TS500 формує первинний сигнал. Сигнал потрапляє на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять SITRANS RD300, після чого сигнал передається на виконавчі елементи.

Контури 11 та 12 використовуються для контролю тиску на поверхні ГРП. Первинний вимірювач тиску - SITRANS P500 формує первинний сигнал, який потрапляє на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять SITRANS RD300, після чого сигнал передається на сигнальні елементи.

Контур 13 слугує для регулювання перепаду тиску в грануляторі. Первинний та реєструвальний прилади, аналогічні до контурів 11 та 12, проте з реєструвального приладу вихідний сигнал подається на заслінку з електричним приводом, що дозволяє реалізувати елемент керування.

					ЛН81мп.061512.001	

Б.3.2 Система автоматичного регулювання

Призначення системи автоматичного регулювання полягає в забезпеченні стабілізації процесу виробництва гуміново-мінеральних добрив за рахунок регулювання витрати сировини на вході в систему та виході з неї, а також підтримання заданих параметрів температури та тиску в апаратах. Обов'язковою умовою нормальної роботи системи є стабілізація вхідних параметрів. Для регулювання зазначених величин у системі застосовані заслінки з електроприводом, які дозволяють регулювати витрати сировини та кількість підведеної теплоти до апаратів, а також масовою витратою.

Система автоматичного регулювання налаштована так, що дія кожного регулятора з появою збурювання в попередній зоні зводиться до своєчасної компенсації відхилення в процесі тільки до рівня, при якому істотно не порушується протікання процесу на наступній стадії.

Вимірювання витрати здійснюється у контурі 1, 2, 6 та 8 за допомогою сенсора витратоміра SITRANS FCS300 (поз.1-1, 2-1, 6-1, 8-1), після чого сигнал з сенсора потрапляє на модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин SITRANS RD300 (поз.1-2, 2-2, 6-2, 8-2). Для того, щоб оператор знав яке значення витрати в даний момент, та для того, щоб знати статистику витрати за певний період сигнал подається на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять (поз.1-3, 2-3, 6-3, 8-3).

Схожим чином в системі працюють контур регулювання масових витрат – 3, 4, 7 та 12. сировина вимірюється динамометричним датчиком SIWAREX WL260 SP-S AA який формує сигнал, що поступає на автоматичний показовий і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять SITRANS RD300, вихідний сигнал з якого подається на шиберну задвижку з електричним приводом SQV91P40.

Температура в контурі 5, регулюється за допомогою заслінки GDB161.1E (поз.5-3), при недостатній температурі заслінка відкривається та збільшується подача гріючого агенту. В контурі 9, регулювання температури здійснюється шляхом включення секцій електрокалориферу за допомогою магнітних

					ЛН81мп.061512.001	

контакторів КМ1, КМ2 та КМ3. Даний контур має кнопку аварійного вимкнення КВ4 та індикацію роботи секцій на щиті керування, реалізовану з допомогою ламп НЛ4, НЛ5 та НЛ6. Регулювання температури в середині апарату, контур 12, здійснюється за допомогою заслінки GDB161.1E (поз.12-3).

Отже, система автоматичного регулювання призначена для постійного регулювання розглянутих параметрів та стабілізації процесу без втручання оператора.

Б.4 Специфікація засобів автоматизації

Специфікація засобів автоматизації приведена в таблиці Б.2

Висновок

Рішення по автоматизації в даній схемі успішні, це практично дає можливість виключити людину з процесу виробництва. Необхідна тільки присутність оператора, який слідкуватиме за стабільністю протікання процесу з допомогою приладів, які розміщені на щиті керування. Дане виробництво для людини є відносно безпечне, тому в схемі не приділяється увага захисту від шкідливих факторів. Є перспектива модернізації і подальшого розвитку системи автоматизації даного технологічного процесу.

					ЛН81мп.061512.001	

Додаток В
Документація до патентного дослідження

					ЛН81мп.061512.001	

Додаток В
Патентні дослідження

РЕГЛАМЕНТ ПАТЕНТНОГО ПОШУКУ № ЛН81мп.661722

Найменування теми Апарат з мішалкою шифр теми ЛН81мп.0661722.001

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

3.09.2019 р. ЛН81мп.11РП

Обґрунтування регламенту пошуку:

Предмет пошуку – Апарат з мішалкою. (Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі).

Мета пошуку інформації - визначення патентної ситуації щодо теплообмінник апаратів з мішалкою (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2018-2019.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК (2006.01) - B01F 7/16, B01F 7/18, B01J 8/38, C12C 13/00, C12F 3/08, C12F 3/08.

Уніфікована десятикова класифікація УДК 634.0.831.

Джерела інформації.

1) Патентна інформація: описи до винаходів, корисних моделей, бюлетені Українського інституту промислової власності, Роспатенту, бази даних патентних відомств України, Росії та зарубіжних країн

2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій.

Початок пошуку 3.09.19 р. Закінчення пошуку 20.09.19 р.

					ЛН81мп.061512.001	

Регламент пошуку апарат з мішалкою наведено в таблиці В.1.

Таблиця В.1 – Регламент пошуку (форма В.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МПКЗ, МКТП, УДК	Перспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Апарат з мішалкою	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія, Канада	B01F 7/16, B01F 7/18, B01J 8/38, C12C 13/00, C12F 3/08, C12F 3/08, F28F 1/00, F28D 7/00, F28D 3/02	2018-2019	Національні й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей, РЖ ВНИИПИ: “Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение” Журнал “Хімічна промисловість України”. НВІР Ж: «Інструментальний світ» (1997-2008 рр.).

Джерела інформації, які були використані під час проведення пошуку наведені в таблиці В.2.

Таблиця В.2. - Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія, Канада	МПК (2006.01) - B01F 7/16, B01F 7/18, B01J 8/38, C12C 13/00, C12F 3/08, C12F 3/08, F28F 1/00, F28D 7/00, F28D 3/02	Фонд НТУУ "КПІ" Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://Patents1.ic.gc.ca/intro-e.html http://www.depatisnet.de/ http://worldwide.espacenet.com/	Описи винаходів патентів України №№ 1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Описи винаходів патентів Російської Федерації №№ 2000000-2180000. Офіційний бюлетень "Промислова власність"	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", "Тепломасообмен" УРЖ "Хімічна промисловість України" Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии

У результаті проведення патентного пошуку для подальшого аналізу вибрані

					ЛН81мп.061512.001	

такі патентні документи (перелік згідно з таблиці В.3).

Таблиця В.3 - Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	В ідомо сті щодо їхньої дії
1	2	3
Поро жниста мішалка трубчастог о типу	Патент № 37212 МПК (2006.01) B01J 19/18 / Порожниста мішалка трубчастого типу / Ген Ся (CN). Заявка № 209715085. Опубліковано: 03.012.2019, Бюл. № 19	Діє
Своєр ідний бак з мішалкою	Патент № 481 МПК (2006.01) B01F 7/18 / Своєрідний бак з мішалкою / Шень Цінь (CN). Заявка № 2018 11804. Опубліковано: 18.06.2019, Бюл. №10	Д іє
Міша лка для перемішува ння рідкого середовища	Патент № 9132177 МПК (2006.01) B01F 7/18 / Мішалка для перемішування рідкого середовища / Мікульонік Ігор Олегович (UA). Заявка № 2018 09736. Опубліковано: 11.02.2019, Бюл. №19.	Д іє
Реакт ор	Patent № WO 2019/120234 A1 (US), IPC (2006.01) B01J 8/38 / Reactor for liquid phase fluorination reaction / Applicant: Daniel C. [US], Hsueh Song [US], Mario Joseph [US]. Application number: PCT/US2019/014759	Д іє
Реакт ор з мішалкою	Patent № US 2019/0284408 A1 (US), IPC (2006.01) B01F 7/00, B01F 7/04, B02C 18/22 / Container for stirrer / Applicant: LG Chem, Ltd. [KR]. Application number: 19/291,690	Д іє

Додаток В

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН81мп.01

Найменування теми Теплообмінник шифр теми ЛН81м.065111.001.

Етап Проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН81м.01 03.09.2019

Обґрунтування регламенту пошуку :

Предмет пошуку – 1) Конденсатор (Об’єктом пошуку є винаходи й корисні моделі).

Мета пошуку інформації визначення патентної ситуації щодо апаратів конденсатора (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, Велика Британія, Німеччина, Франція. Японія..

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2014–2016 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація

МПК (2006.01) - F28F 1/00, F28D 7/00, F28D 3/02.

Уніфікована десятикова класифікація УДК 634.0.861.

Джерела інформації.

1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту, Госпатенту, Espacenet, Google patent search.

Початок пошуку 03.09.2019

Закінчення пошуку 10.09.2019

					ЛН81мп.061512.001	

Регламент пошуку наведено в таблиці В.7.

Таблиця В.7 – Регламент пошуку (форма В.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МПКЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Контентатор	Визначення патентоздатності проектованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, Російська Федерація, США, Китай, Словенія	МПК (2006.01) - F26B 11/00, F28F 1/00, F28D 7/00, F28D 3/02.	2014-2016	Національні й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей

Джерела інформації, які були використані під час проведення пошуку наведені в таблиці В.8.

Таблиця В.8 - Джерела інформації, використані під час проведення пошуку.

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Державна пошукова установа	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Тематика дослідження	Україна, Російська Федерація, США, Канада	МПК К (2006.01) - F26B F28F 1/00, F28D 7/00, F28D 3/02.	Фонд НТУУ «КПІ»; Державний патентний фонд http://worldwide.espacenet.com/ http://base.uipv.org/	Описи винаходів патентів України №№ 1 – 41000 Описи корисних моделей патентів України №№ 1 – 105 Описи винаходів патентів Російської Федерації №№ 20000 – 2140000	Плановский А.Н., Николаев П.И. «Процессы аппараты химической нефтехимической промышленности» Навчальні звіти про НДР і ДК УРЖ "Хімічна промисловість України"

У результаті проведення патентного пошуку для подальшого аналізу

					ЛН81мп.061512.001	

вибрані такі патентні документи (перелік згідно з таблиці В.9).

Таблиця В.9 - Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо дії
1	2	3
Шестигранний теплообмінник із прудним плитом інтегральної форми	Патент № 401133 МПК (2014.01) F28D 1/00 / Шестигранний теплообмінник із прудним плитом інтегральної форми / Агент Чай Дуньян (CN). Заявка № u 2018 07158. Опубліковано: 02.08.2019, Бюл. № 19	Діє
Своєрідний теплообмінник трьох середніх трубок	Патент № 266580 МПК (2018.01) F28D 7/16 / Своєрідний теплообмінник трьох середніх трубок / Агент Лю Сяомін (CN).. Заявка № u 2018 266580. Опубліковано: 31.08.2018, Бюл. № 19	Діє
Вигляд комбінованого вискоєфективного теплообмінника серійних пластин	Патент № 209623417 МПК (2006.01) F28D 7/00, F28F 9/007 / Кожухотрубний теплообмінник /Агент Лю Сяомін (CN). Заявка № u 2019 44218. Опубліковано: 12.11.2019, Бюл. № 20	Діє
Теплообмінник	Patent № US 2019/0166252 A1 (US), IPC (2006.01) F28D 3/02 / Heat exchanger and method / Applicant: Whirlpool Cjrporation [US]. Application number: 14/084,671	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Patent № US 2019/0338867 A1 (US), IPC (2006.01) F28F 19/02, F28F 13/12 / Shell and tube heat exchanger with improwed anti-fouling properties / Applicant: Alfa lawal corporate [SE].	Діє

Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності
проектованого об'єкта наведено в таблиці В.11.

					ЛН81мп.061512.001	

Додаток Г

Комп'ютерний розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки

					ЛН81мп.061512.001	

Додаток Г. Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів, програма та результати розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки теплообмінника.

Алгоритмічна схема перевірного розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки зображена на рисунку Г.1

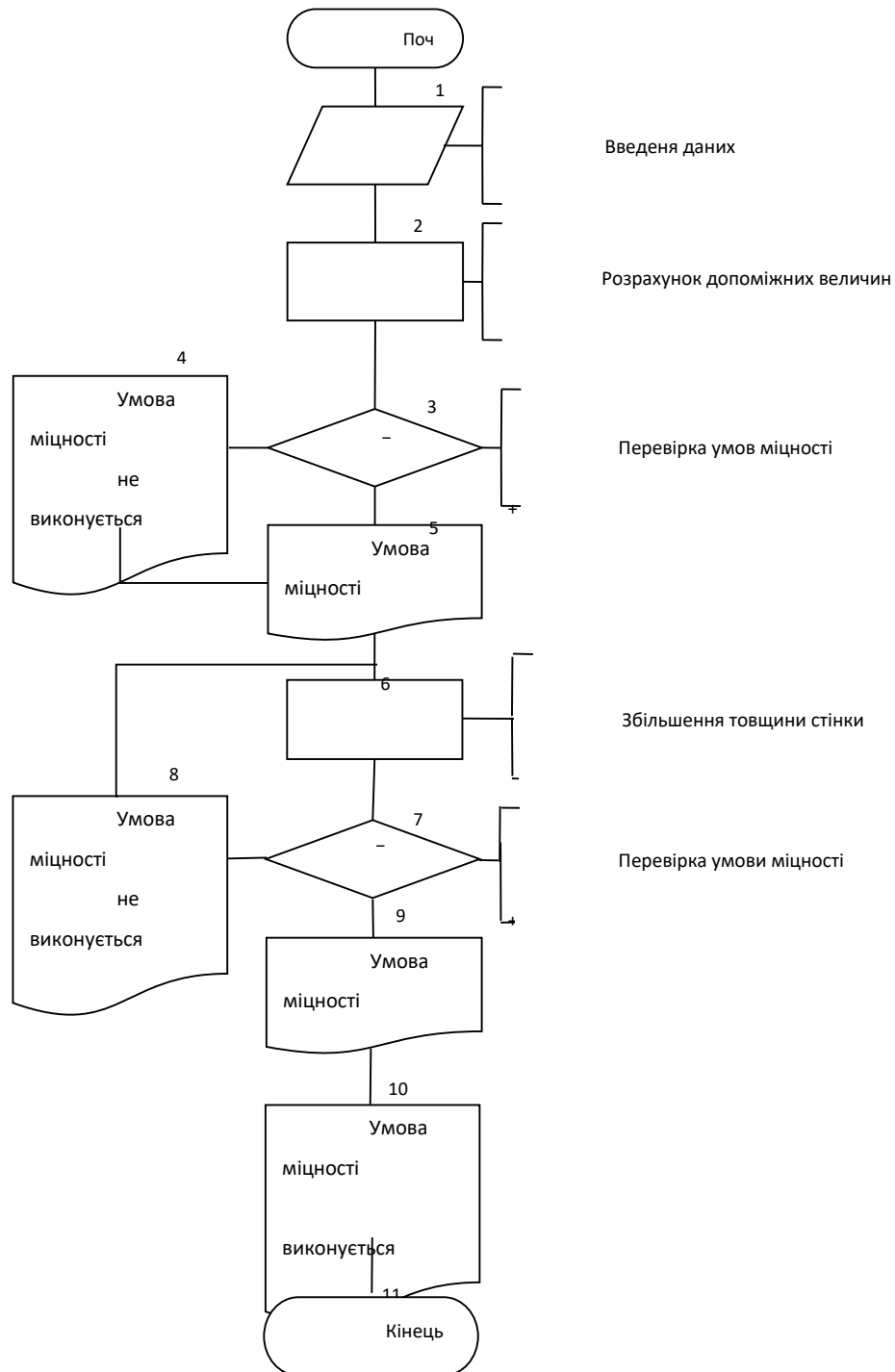


Рисунок Г.1 – Алгоритмічна схема перевірного розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки

Опис блок-схеми

У блоці 1 вводяться дані, необхідні для розрахунку, а в блоці 2 проводиться розрахунок допоміжних величин, та розраховується розрахункова товщина стінки (4.5), додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії і корозії товщини стінки (4.6), виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні (4.7), після чого визначається відношення додатків (4.8), і порівнюється (4.9).

В блоці 6 виконується розрахунок суми додатків розрахункової товщини (4.10), виконавча товщина стінки обичайки (4.11). Виконується перерахунок і відношення суми додатків (4.12), порівнюється (4.13). Перерахунок суми додатків розрахункової товщини (4.14). Перевірка умов застосування розрахункових формул (4.15).

Виконується перерахунок суми додатків товщини (4.16) і визначається допустимий внутрішній надлишковий тиск (4.17).

Якщо умови застосування формул виконуються, а допустимий внутрішній надлишковий тиск більший за розрахунковий, то приймаємо потрібну товщину стінки.

Таблиця ідентифікаторів програми комп'ютерного розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки наведена в таблиці Г.1.

Таблиця Г.1 – Перелік ідентифікаторів

Назва	Позначення	Розмірність	Ідентифікатор
Розрахунковий тиск	P_R	МПа	Pr
Внутрішній діаметр апарата	D	м	D
Нормативне допустиме напруження при $t = 115^\circ\text{C}$	$[\sigma]$	МПа	σ

--	--	--	--

Продовження таблиці Г.1

Коефіцієнт міцності поздовжніх зварних швів (стиків з двобічним проваром, виконується автоматичним зварюванням)	φ_p	-	φ
Швидкість корозії	$v_{\text{кор}}$	мм/рік	v_{kor}
Термін експлуатації	τ	років	τ

Програма та результати комп'ютерного розрахунку товщини стінки
циліндричної обичайки:

$$Pr:=0.3$$

$$D:=0.4$$

$$\sigma:=196$$

$$\varphi:=0.9$$

$$v_{\text{kor}}:=0.0001$$

$$\tau:=15$$

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки:

$$Sr := \frac{Pr \cdot D}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi - Pr} = 40 \times 10^{-4}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії і корозії

$$Ce := 0$$

$$C1 := v_{\text{kor}} \cdot \tau + Ce = 0,8 \times 10^{-3}$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому

					ЛН81мп.061512.001	

наближенні:

$$C0 := 0.004$$

$$S1 := S_r + C1 + C0 = 4.8 \times 10^{-3}$$

За результатами розрахунку, враховуючи додатки на товщину та вимоги до транспортування

і монтажу, остаточно приймаємо товщину стінки:

$$S := 0.004$$

Допустимий внутрішній тиск:

$$P := \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C} = 5,3$$

Висновок :

$$S := 0.004$$

Результати розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки:

- 1) допустимий внутрішній надлишковий тиск 5,3МПа
- 2) товщина стінки $S = 0,004\text{м}$.

					ЛН81мп.061512.001	

Додаток Д
Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛН81мп.061512.001	

Додаток Е
Публікації автора

					ЛН81мп.061512.001	

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента групи ЛН-81мп, ІХФ

КРЕСТОШІНОЇ ОЛЬЗИ ПАВЛІВНИ

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Крестошіна О.П. Модернізація виробництва етиленгліколю/ Крестошіна О.П., Двойнос Я.Г. // Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання” (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 50 с;
2. Крестошіна О. П. Модернізація апарату з мішалкою/ Крестошіна О. П., Двойнос Я.Г. // Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених ”Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання” (25-26 листопада 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 49 с;
3. Крестошіна О.П. Імітаційне моделювання апарату з мішалкою/ Крестошіна О.П., Двойнос Я.Г. // Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених ”Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання” (25-26 листопада 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 34 с;
4. Крестошіна О. П., Двойнос Я. Г. метод імітаційного моделювання для проектування апаратів з мішалкою// Міжнародного наукового журналу «Інтернаука»/№15(77) 1Т. 2019 листопад;
5. Позитивне рішення на диклераційний патент України. Апарат з мішалкою для розчинення газів у рідині/ А.О., Двойнос Я.Г.; заявник національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». – № u2019070; заявл. 24.06.2019.

					ЛН81мп.061512.001	